

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTA BIM PARA A SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO

ALEXANDRE ANTÓNIO RODRIGUES REIS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Alfredo Augusto Vieira Soeiro

Coorientador: Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins

FEVEREIRO DE 2018

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2017/2018

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2018*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

Nunca se pode concordar em rastejar, quando se sente ímpeto de voar.

Helen Keller

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Alfredo Augusto Vieira Soeiro, pela disponibilidade, paciência, apoio e confiança ao longo de todo o trabalho, assim como pelas sugestões e conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Doutor João Pedro Poças Martins, pela disponibilidade, consideração e sugestões e conhecimentos transmitidos.

Aos meus amigos que me acompanharam no percurso académico e pelos tempos de estudo.

Aos meus pais, que estão sempre comigo, muito obrigado!

RESUMO

O setor da construção civil em Portugal, no sentido de uma aproximação ao que se faz a nível tecnológico noutras indústrias, precisa de agilizar o processo de execução reduzindo tempo e custos.

Neste sentido cada vez mais empresas utilizam tecnologia BIM, investindo em trabalhadores com formação ou formando os próprios funcionários.

Com a realização deste trabalho e utilizando tecnologias BIM, pretende-se fazer uma análise sobre as ferramentas que são utilizadas para a segurança na construção, introduzindo o conceito de jogos sérios enquanto plataforma de interação entre um formando e a aprendizagem de medidas de segurança em ambiente virtual. São aferidos os principais riscos e medidas preventivas na construção civil.

Por forma a validar o conceito de jogo sério enquanto ferramenta para a segurança e prevenção de acidentes, foi criado um jogo que proporciona a discussão de diferentes perspetivas no campo de ação da formação, como a comercialização duma plataforma, os seus diferentes tipos de aplicações e como se poderá passar para um contexto real.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, segurança na construção, jogos sérios, formação, prevenção.

ABSTRACT

The civil construction sector in Portugal, to become close of what is happening technologically in other industries, needs to be more swift in regard to the execution process, saving time and money.

Therefore more and more companies use BIM technologies, investing in workers with training in the area or training their own employees.

With this essay and using BIM technologies, is intended to make an analysis on the tools that are used in construction safety, introducing the concept of serious games as a platform for interaction between a trainee and the safety measures displayed on a virtual environment. The major risks and prevention measures are assessed.

In order to validate the concept of serious gaming as a tool for safety and prevention, a game was created, so it can discussed all different perspectives from, training, to sell the platform, all the different applications and how you can move to a real context.

KEYWORDS: BIM, construction safety, serious games, training, prevention.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. ÂMBITOS E OBJETIVOS	1
1.3. ESTRUTURA	2
 2. ESTADO DA ARTE	 3
2.1. PARADIGMA BIM NA INDÚSTRIA AEC	3
2.2. IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS BIM PARA A SEGURANÇA	4
2.3. METODOLOGIA CONVENCIONAL PARA A ANÁLISE DE RISCOS	5
2.4. PORQUÊ BIM NA SEGURANÇA?	7
2.4.1. INTRODUÇÃO DO BIM NA SEGURANÇA	8
2.4.2. CRIAÇÃO DE MODELOS COMO AUXÍLIO PARA A SEGURANÇA	9
2.5. FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA O PROJETO DE SEGURANÇA	10
2.5.1. PLANEAMENTO DO PROJETO BASEADO NUMA ESTIMATIVA DO RISCO	10
2.5.2. PREVENTION THROUGH DESIGN - PtD	11
2.5.3. MANAGEMENT MODEL FOR PROJECT THROUGH DESIGN - MMPTD	11
2.5.4. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)	12
2.5.5. BASES DE DADOS DE INFORMAÇÃO	12
2.5.6. 4D BIM	12
2.6. VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA SEGURANÇA	14
2.6.1. CONCRETIZAÇÕES PRÁTICAS DA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA SEGURANÇA	15
2.6.2. NECESSIDADE DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE VERIFICAÇÃO DE REGRAS DE SEGURANÇA	18
 3. JOGOS PEDAGÓGICOS ENQUANTO FERRAMENTA DE FORMAÇÃO	 19
3.1. FORMAÇÃO DOS TRABALHADORES	19
3.2. METODOLOGIAS DE FORMAÇÃO	20

3.2.1. IN-SITU	20
3.2.2. FORMAÇÃO PRESENCIAL	20
3.2.3. REUNIÕES DE SEGURANÇA.....	22
3.3. JOGOS SÉRIOS	22
3.3.1. EXEMPLOS DE JOGOS SÉRIOS (NÃO RELACIONADOS COM A CONSTRUÇÃO)	22
3.3.2. USING GAME TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE SAFETY OF CONSTRUCTION PLANT OPERATIONS	22
3.3.3. CONSTRUCTION SAFETY TRAINING USING IMMERSIVE VIRTUAL REALITY.....	24
3.3.4. VIRTUAL REALITY SIMULATION FOR CONSTRUCTION SAFETY PROMOTION	25

4. SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO

4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA.....	27
4.2. LEVANTAMENTO DOS RISCOS POR TAREFA	30
4.3. RISCOS E MEDIDAS DE PREVENÇÃO	30
4.3.1. MOVIMENTAÇÃO MANUAL DE CARGAS	30
4.3.2. ESCADAS DE MÃO E ESCADOTES.....	31
4.3.3. ANDAIMES	34
4.3.4. ANDAIMES MÓVEIS.....	35
4.3.5. VEÍCULOS.....	35
4.3.6. ESCAVAÇÕES	37
4.3.7. ELEVAÇÃO.....	37
4.3.8. ERGONOMIA	40
4.3.9. GRUA MÓVEL E GRUA TORRE	40
4.3.10. SUBSTÂNCIAS E PREPARAÇÕES PERIGOSAS	42
4.3.11. INSTALAÇÃO ELÉTRICA	43
4.4. ANÁLISE RISCO-DESVIO	45

5. FERRAMENTA BIM PARA A SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO

5.1. MOTOR DE JOGO	47
5.2. DESCRIÇÃO DO MODELO	48
5.3. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO.....	49
5.4. FUNCIONAMENTO DO JOGO SEGUREX.....	50
5.5. AVALIAÇÃO/CERTIFICAÇÃO	52
5.6. ESCALABILIDADE	53

5.7. PASSAGEM PARA O CONTEXTO REAL.....	54
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
6.1. MOTOR DE JOGO	55
ANEXO A1	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Processo para a mitigação de riscos	6
Fig.2 – Sequenciamento construtivo	13
Fig.3 – Pormenor construtivo	13
Fig.4 – Material de segurança a utilizar	14
Fig.5 – Comparação entre modelo e situação real	16
Fig.6a – Modelação manual	17
Fig.6b – Modelação automática	17
Fig.7 – Equipamento de proteção individual	21
Fig.8 – Limpeza na obra.....	21
Fig.9 – Ligação dos cabos	23
Fig.10 – Remoção dos parafusos	23
Fig.11 – Elevação e colocação do elemento	24
Fig.12 – Immersive Virtual Environment	24
Fig.13 – Interface da aplicação	25
Fig.14 – Bar Verde Modelado em Revit	48
Fig.15 – Bar Verde em ambiente Unity	49
Fig.16 – Exemplo de funcionamento de script que permite agarrar objetos	50
Fig.17 – Menu Principal.....	50
Fig.18 – Vista do ambiente virtual em primeira pessoa	51
Fig.19 – Colocação da tábua nos cavaletes	51
Fig.20 – Colocação incorreta da segunda tábua no cavalete	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre modelação manual e automática	17
Tabela 2 – Risco-Desvio	45

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

Os acidentes são sem dúvida um flagelo na construção, a constante atenção a trabalhadores, equipamentos e processos construtivos, requer um estudo pormenorizado desde o início do ciclo construtivo até ao seu fim. O responsável pela segurança necessita de ter conhecimento de todas as tarefas, ferramentas, equipamentos e trabalhadores disponíveis para a execução da obra.

O entrosamento entre as diferentes partes é essencial por forma a se criar um ambiente salubre e que privilegie sempre a segurança dos trabalhadores, desta forma diminuem-se os efeitos nefastos associados a um acidente de trabalho na construção. Mais que tudo é deveras importante criar condições para uma cultura de prevenção, formação, fiscalização e aplicação devida da legislação.

Com a realização deste trabalho pretende-se criar um sistema de formação a ser utilizado por trabalhadores da construção civil, seja numa perspetiva de colocação de equipamentos de segurança para visualização e verificação de incompatibilidade, formação de trabalhadores que pretendem um certificado em segurança ou como processo de aprendizagem para quem não tem qualquer tipo de experiência na área da construção civil e finalmente conseguir criar um ambiente de responsabilidade e informação que resultará numa maior preparação para riscos na construção.

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

A segurança é um conceito transversal a qualquer humano, seja no seu dia-a-dia, ou no seu ambiente de trabalho, nesse sentido a intenção deste trabalho passa pela sensibilização do tema e criação de um novo processo para adquirir informação, de forma a prevenir, munindo os trabalhadores com diferentes situações e contextos em que podem ganhar mais experiência e analisar situações novas sem estarem expostos ao contexto real, ajudando a reduzir o número e a gravidade dos acidentes.

Assim, o presente trabalho tem por base a criação não só de um jogo sério em Unity3D, assim como idealiza processos para a avaliação dos conhecimentos, valências que podem ser adicionadas ao jogo e a introdução do jogo num contexto real.

1.3. ESTRUTURA

O presente trabalho está dividido da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução**, descrição do tema e descrição dos objetivos e estrutura do trabalho;
- **Capítulo 2 – Estado da arte**, do BIM no setor da construção civil e sua relação com a segurança, análise de novas aplicações e estudos;
- **Capítulo 3 - Jogos Pedagógicos enquanto Ferramenta de Formação**, apresentação de jogos sérios e diferentes métodos de concretização dos jogos enquanto ferramentas de formação;
- **Capítulo 4 – Segurança na construção**, considerações sobre segurança na construção, análise de riscos e medidas de prevenção;
- **Capítulo 5 – Ferramenta BIM para a Segurança na Construção**, demonstração do jogo desenvolvido, seu funcionamento e descrição de a quem se destina o jogo, sua escalabilidade e transposição para o contexto real;
- **Capítulo 6 – Conclusões e considerações finais**, crítica construtiva sobre o trabalho realizado, suas potencialidades, debilidades e possíveis melhorias.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. PARADIGMA BIM NA INDÚSTRIA AEC

A indústria AEC sempre apresentou resistência à evolução e implementação de novos processos e tecnologias, apresentando métodos algo arcaicos e que em nada imita as outras indústrias e a sua modernização, este facto pode ser fundamentado pelo próprio desconhecimento de métodos inovadores assim como pelo obstáculo económico que será preciso suplantar por forma a adquirir nova tecnologia, nomeadamente software e hardware ou renovação de processos, principalmente em PME's onde em alguns casos os processos são intrínsecos à empresa e não existe a possibilidade de poder alterar estes processos pela falta de mão de obra e dispensa de funcionários para a sua formação, consequentemente a aprendizagem é posta de parte e cria-se o estigma de que a modelação de elementos e do seu todo, na forma da própria construção demora demasiado tempo, tempo este que não pode ser despendido em modelação, devido ao prazos a cumprir, paralelamente, a decisão de modelar ou não fica associada à complexidade da obra e do orçamento disponível.

No entanto, a modelação permite a criação de elementos paramétricos, estes elementos, se apesar de inicialmente se poder considerar que retiram tempo precioso à equipa de criação do projeto, ou a uma equipa que tem a necessidade de se dedicar exclusivamente à sua criação, também é verdade que depois de criados, estes elementos podem ser utilizados em qualquer projeto em que sejam necessários, adequando-se às necessidades e poupando tempo. A criação e verificação do modelo em fase de projeto permite analisar possíveis incongruências e impossibilidades que só seriam verificadas já na fase de construção, assim como considerações relativas à segurança que podem ser atendidas precocemente, desta forma se for necessário proceder a alterações ou edições de elementos estas reproduzem-se em tempo real, transversalmente a todos os elementos de documentação para uma correta colaboração e comunicação entre as diferentes especialidades, estas alterações podem inclusivamente ser facilmente visualizadas em obra utilizando aplicações móveis.

Ainda assim, têm surgido empresas que se reinventam e outras que são um exemplo na criação e implementação de metodologias BIM, é necessário também que haja uma maior exigência por parte dos donos de obra assim como das próprias empresas, em aumentar o rigor e a especificação dos trabalhos e dos objetivos a atingir. Neste seguimento a União Europeia lançou um manual de auxílio à introdução do BIM no sector público [1], decisões desta importância ajudam a que mais empresas adotem metodologias BIM com o objetivo de promover a competitividade entre empresas, a diminuição de desperdício de recursos, aumentar a monitorização de processos construtivos, diminuir os erros em fase de projeto que seriam transpostos para a fase de construção e que iriam diminuir a eficiência do processo construtivo assim como levar à necessidade de alterações no projeto, procura-se ter por isso um controlo

fidedigno, eficaz e que não seja baseado em conhecimentos empíricos ao longo de todo o processo construtivo, monitorizando desde trabalhos realizados, a custos e prazos.

O conceito BIM é um método de trabalho que pretende envolver toda a comunidade da indústria AEC, através da criação de um modelo virtual que contem toda a informação sobre a construção sejam: orçamentos, cálculos estruturais, planeamento da obra, medições, entre outros.

A grande diferença será, no entanto, a capacidade de os objetos dos modelos BIM terem propriedades e especificamente, o tipo de objeto de que se trata e o seu material, como por exemplo o tipo de parede, a sua constituição e dimensões que podem ser parametrizáveis, esta funcionalidade permite gerar objetos que podem ser editados e automaticamente serem alterados no projeto.

Dentro da filosofia BIM poder-se-á dizer que existem ainda análises paralelas ao modelo que podem ser feitas, enquanto a criação apenas do modelo se pode denominar de projeto 3D, com a adição do tempo e faseamento construtivos o projeto passa a ser 4D, se se adicionar às análises anteriores o parâmetro custo o projeto é 5D e existe ainda a possibilidade de se criar um projeto 6D que todas as análises anteriores, mais a análise sobre o ciclo de vida do edifício, nomeadamente a sua manutenção.

No entanto, o grande propósito da utilização de métodos BIM é a criação e gestão de uma base de dados, que gera uma base para os processos construtivos, interação entre os diferentes intervenientes e redução de custos e tempo com a análise de diferentes cenários e soluções, maior rapidez na entrega de projetos, diminuição de erros de conceção nos projetos que resultam em erros de execução em obra que podem ser evitados com o BIM e consequentemente novas oportunidades de negócios.

Fundamentalmente, é a resposta à necessidade futura na construção de edifícios melhores, mais sustentáveis e menos dispendiosos. Desta forma, tem que haver uma preocupação não só em implementar as novas ideologias e tecnologias, mas também repensar o posicionamento e o futuro dos profissionais da indústria AEC.

2.2. IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS BIM PARA A SEGURANÇA

Com a evolução, análise e implementação de metodologias BIM transversalmente a todo o processo construtivo surge a necessidade de diminuir os acidentes de trabalho, com o auxílio destas novas tecnologias e dessa forma auxiliar os trabalhadores a terem cada vez mais informação, formação e conhecimento sobre as condições de segurança e processos a implementar no seu ambiente de trabalho, seja pela análise ainda em fase de projeto de processos, pela deteção de impossibilidades nos trabalhos que provavelmente só seriam atendidos já na fase de construção, assim como análise da adequação dos equipamentos de segurança necessários à obra. Com a introdução destes métodos surge a possibilidade de análise, interação e formação no que toca ao BIM e Segurança na construção, pretende-se fundamentalmente aumentar a qualidade da Higiene e Segurança em obra para todos os intervenientes inerentes ao processo construtivo e que interagem diretamente com a obra.

Segundo dados da PORDATA [2] em 2000 atingiu-se o maior pico dos anos recentes com 102 acidentes mortais e em 2015, 48 acidentes mortais. As consequências para além da perda inquantificável de uma vida, são também a criação de um estigma e baixa de reputação da indústria da construção, à qual é associada a má gestão, orçamentos que são ultrapassados, atrasos na calendarização da construção, assim como põe em causa a própria inovação e evolução da indústria AEC.

Nos últimos anos a rápida evolução da sociedade, leva a que os riscos na construção aumentem devido ao aumento da complexidade estrutural das construções assim como da sua dimensão, novos materiais e técnicas utilizadas na construção. Por forma a diminuir probabilidade destes riscos acontecerem há

uma grande necessidade de gestão de segurança ao longo da fase de projeto para que os riscos sejam mitigados e possam em grande parte ser antecipados.

Atualmente a implementação dos métodos de gestão de riscos ainda é um processo de análise individual e de interpretação pessoal, sendo que os registos e a informação sobre acidentes de trabalho são insuficientes para a correta aferição e determinação de medidas de prevenção. Tal como referido em [3], a informação sobre a causa e gravidade dos acidentes na construção está refém das seguradoras e entidades legais que investigam os acidentes mortais, seria por isso de interesse público apresentar estes dados para a aprendizagem e implementação de medidas preventivas, como método de resolução de problemas desta natureza assim como de tomadas de decisão e correspondente processo cognitivo que desencadeou essa(s) opção(ões). Caso contrário perpetuam-se os métodos de prevenção atuais em que são considerados todos os riscos possíveis e se tentam mitigar todos os riscos, não sendo possível uma análise probabilística das tarefas com maior risco, como consequência desta ação, a gestão da segurança tem que ter em conta todos os riscos o que fundamentalmente significa um acréscimo de custo na segurança e na alocação de elementos de segurança, ao longo do faseamento construtivo.

2.3. METODOLOGIA CONVENCIONAL PARA A ANÁLISE DE RISCOS

Um projeto de construção normalmente é dividido num número de subprojectos, referentes a diferentes especialidades, posto isto, cada subprojecto irá ter diferentes atividades e procedimentos que terão que ser considerados individualmente, cada subprojecto poderá ter diferentes projetistas assim com trabalhos que poderão ser subcontratados, o que induz à identificação e gestão de diferentes riscos inerentes às suas tarefas. Um grupo de especialistas em segurança contratado pela equipa de projeto tenderá a criar um elo de ligação entre as diferentes especialidades no que toca à análise e compreensão de potenciais riscos, através de entrevistas e discussões com os elementos das diferentes equipas.

Surge então a criação de um conjunto de documentos de segurança, como por exemplo um relatório inicial dos riscos ou uma listagem em forma de inventário. Sendo que a gestão da segurança é baseada em regulamentos, desenhos em 2D e numa enorme variedade de documentos de apoio à obra, a integração entre estes diferentes elementos sempre foi uma preocupação. Um exemplo obtido através de [4] e representado na figura abaixo mostra o processo utilizado convencionalmente na indústria da construção do Reino Unido para a prevenção e riscos.

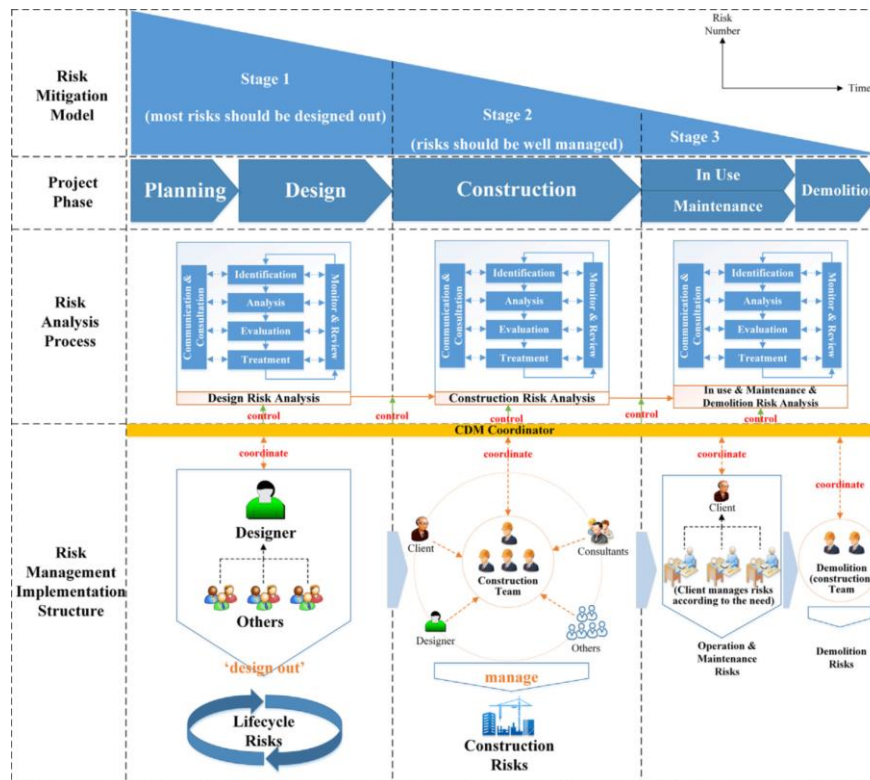


Fig. 1 – Processo para a mitigação de riscos (Fonte: [4])

Em Portugal, a Norma Portuguesa (NP) 4397:2008 [5], relativa aos requisitos dos sistemas de gestão da segurança e do sistema do trabalho refere que:

- Risco aceitável: Risco que foi reduzido a um nível que pode ser tolerado pela organização tomando em atenção as suas obrigações legais e a própria política da SST;
- Perigo: Fonte, situação, ou ato com potencial para o dano em termos de lesão ou afeção da saúde, ou uma combinação destes;
- Risco: Combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposição(ões) perigosos e da gravidade de lesões ou afeções da saúde que possam ser causadas pelo acontecimento ou pela(s) exposição(ões);
- Avaliação do risco: Processo de gestão do risco resultantes de perigo(s) identificado(s), tendo em conta a adequabilidade dos controlos existentes, cujo resultado é a decisão da aceitabilidade ou não do risco.

A gestão de riscos deve, portanto, ser um sistema capaz de reconhecer, quantificar e gerir todos os riscos financeiramente ou de projeto. O processo de gestão de riscos aplica um método lógico e sistemático, que estabelece um ponto inicial da situação, criando um sistema de comunicação, verificação da informação para uma correta análise, avaliação, correção e monitorização do risco.

Assim sendo, a gestão de riscos na indústria AEC, passa por uma análise lógica, sistemática para identificar e analisar riscos, que são minimizados ou mitigados durante o processo construtivo por forma a atingir os objetivos delineados.

Quando os riscos não podem ser eliminados, é necessária uma identificação e avaliação dos riscos de maneira eficiente, o mais rapidamente possível para que haja uma correta e eficiente gestão dos riscos.

Todas as atividades de um projeto de construção envolvem riscos e existe uma relação intrínseca entre os objetivos a atingir para o projeto e uma correta e eficiente gestão dos riscos.

Como forma de exemplo na gestão da segurança de estruturas provisórias e conforme aferido por [6] existem vários processos que geram ineficiências:

- A necessidade de os responsáveis pela segurança detetarem riscos e os métodos de segurança a utilizar baseados apenas na sua experiência pessoal;
- Muitos dos riscos e perigos estão implícitos resultando de considerações que podem ou não estar representadas nos planos da construção;
- O dinamismo inerente à obra obriga a alterações nas necessidades de segurança sendo que o processo de identificar potenciais riscos de queda ao longo do faseamento construtivo se pode mostrar algo difícil sendo apenas baseado em desenhos 2D;
- O planeamento construtivo é alvo de alterações, seja pelas condições meteorológicas ou atraso na entrega de materiais, isto leva a alterações no planeamento da segurança, o que consome tempo e cria a necessidade da alteração do plano sempre que haja uma alteração na calendarização dos trabalhos;
- Quedas de pessoas para um nível inferior, numa extremidade são mais facilmente reconhecíveis que quedas para pequenos buracos que podem causar lesões nos pés e estes buracos são raramente ou não são representados nos desenhos em 2D e podem não ser detetados, inclusivamente por especialistas.

2.4. PORQUÊ BIM NA SEGURANÇA?

A catalogação dos riscos e a sua causa deve ser acompanhada durante todo o processo construtivo, assim como saber como surgem, que caminho percorrem e que consequências têm, assim como é referido em [8]. A equipa responsável pela segurança tem, no entanto, como função indissociável a análise e acompanhamento contínuo do processo construtivo, assim como aconselhamento em atividades específicas durante a construção. Como haverão inúmeros intervenientes na construção, é da responsabilidade da equipa de projeto, nomeadamente dos gestores, que haja uma aplicação correta dos requisitos de segurança na construção assim como uma passagem de informação eficiente e correta entre intervenientes, sempre que houver atualizações ou mudanças que sejam registadas durante a construção.

O método tradicional de gestão da segurança passa pela utilização do planeamento da construção para identificar as tarefas e sequências de trabalho dentro do espaço disponível para o projeto, identificar condições temporárias que criam riscos para a segurança, planear ações preventivas para eliminar os riscos e integrar estas medidas preventivas no planeamento.

No entanto, as limitações cognitivas do ser humano no que toca a simular condições futuras complexas, levam a crer que um método mais proactivo e baseado na simulação usando um padrão pré-definido para a verificação de riscos pode fortalecer a eficiência da sequência de atividades usualmente utilizadas para a gestão da construção em fase de projeto, como relatado em [8].

Como referido por [4] ainda existe uma certa lacuna no que toca ao estudo da integração de metodologias e tecnologias BIM com os métodos tradicionais, processos e técnicas para a gestão da segurança. Há por isso a necessidade premente de combinar metodologias BIM com os processos tradicionais de gestão da segurança, por forma a melhorar a sua aplicabilidade num contexto prático e real, que se espera, facilite a comunicação eficiente de riscos e apoie efetivamente durante o processo de desenvolvimento do projeto.

O responsável pela gestão da segurança, não só tem que reconhecer a existência de riscos e desvios que originam riscos, assim como tem que determinar que riscos e como estão a interferir com o planeamento e eficiência dos trabalhos. Assim, o que provoca os riscos deve ser definido de maneira perentória e solucionado com as ferramentas adequadas, sendo que o uso de uma ferramenta desadequada não ilustra corretamente os riscos.

A criação de checklists é provavelmente uma das ferramentas mais utilizadas para a avaliação e identificação de riscos, nomeadamente e a título de exemplo, aquando se procedem a fiscalizações de segurança, atualmente a introdução de software capaz de analisar de forma vasta todo o projeto, ao contrário do preenchimento de uma checklist pré-definida, aumentará definitivamente o valor na gestão da segurança.

Com a introdução do BIM e software inerente ao conceito, a grande maioria do software tem por base uma programação orientada para os objetos, ou seja, enquanto os regulamentos e regras são compostos por texto, os elementos dos referidos softwares baseados no conceito BIM, são objetos, que representam uma instância de uma classe, que não é senão um conjunto de informação sobre os atributos do objeto e procedimentos. As classes estão organizadas segundo uma hierarquia de maneira a que os objetos possam herdar as propriedades das famílias e interagir com outros objetos.

Poderá ser problemático em algumas situações que um objeto possa somente ser definido caso haja informação suficiente sobre as da sua família. Uma crítica comum à programação orientada a objetos é que quando é necessário retirar a informação de um só objeto, a informação pode ser demasiada e essencialmente dispensável já que para além da informação sobre o objeto também e de forma acessória é obtida informação sobre a classe e a família. No entanto, para a identificação de riscos é boa prática saber que elementos alojam ou rodeiam o elemento em questão, sendo que podem ser avaliadas e analisadas considerações sobre riscos que não seriam facilmente identificados.

Mesmo utilizando um processo de identificação de riscos num projeto realizado em 2D um modelo BIM 3D tem a grande vantagem de os objetos saberem o que são, a que família pertencem, qual é o seu material e quando e onde será a sua instalação. Isto permite também verificar se um dado objeto ou conjunto de objetos, está em concordância com o estipulado e se respeita ou viola os requisitos para a segurança e execução em obra.

2.4.1. INTRODUÇÃO DO BIM NA SEGURANÇA

A introdução de metodologias e tecnologias BIM surge inicialmente como ferramenta de armazenamento e gestão de informação relacionada com o processo construtivo assim como do próprio edifício. Sendo que um modelo BIM, contém a informação relativa aos elementos do modelo, esta informação pode ser partilhada e extraída usando diferentes softwares e ser utilizada para diferentes fins. A própria organização da informação dentro de um modelo BIM encontra-se bem estruturada isto porque a informação se encontra organizada por elementos sendo por isso possível ser feita uma análise individual ou coletiva, como por exemplo para a extração de quantidades. A parametrização da informação permite a alteração num elemento ou conjunto de elementos e automaticamente estas alterações repercutem-se em todo o modelo agilizando assim modificações ou atualizações, será útil na correção de considerações relativas à segurança, nomeadamente alterações impostas por força do projeto ou incompatibilidades de execução em obra.

Para que haja uma correta integração das regras de segurança e informação sobre a obra, é necessária uma ferramenta que armazene e gira a informação relacionada com o edifício e o processo construtivo.

A utilização do BIM, como plataforma digital para a visualização e como base de dados sobre a obra é necessária pelas seguintes razões:

- O modelo BIM contém a informação sobre cada componente e esta informação pode ser acedida facilmente para diferentes fins e utilizando diferentes softwares;
- A informação encontra-se bem organizada, já que se encontra separada por componentes. É uma característica importante sendo que informação adicional relativa a cada elemento pode ser combinada com a anterior.
- Como o modelo BIM é parametrizado, este pode sofrer alterações em um parâmetro de um componentes e todos os parâmetros relevantes são alterados automaticamente. Esta característica facilita a alteração de erros de projeto que conduzem a riscos.
- A facilidade de visualização do modelo ajuda e orienta os projetistas e responsáveis pela segurança a encontrar e corrigir riscos.

Ao comparar os regulamentos de segurança e a informação armazenada no modelo BIM, podem ser identificados e visualizados riscos ainda na fase de projeto. Com base na identificação de riscos, os projetistas podem melhorar a proposta de projeto ou partilhar o projeto com o dono de obra, ou empreiteiro, para uma melhoria no planeamento da construção. Os relatórios criados inicialmente sobre considerações de segurança e identificação de potenciais riscos podem ser usados ao longo do faseamento construtivo na gestão da segurança na obra.

Em [9], é proposto um sistema de integração de regras de segurança e BIM. É criada uma base de dados sobre segurança que é integrada com o modelo BIM, cada código de identificação de cada componente é emparelhado com o código de identificação relativo às regras de segurança para esse elemento. O sistema compara então os parâmetros dos componentes com as condições de segurança e caso seja encontrada uma zona com deficiências na segurança, é armazenada informação relevante sobre o projeto e uma medida de prevenção é sugerida.

2.4.2. CRIAÇÃO DE MODELOS COMO AUXÍLIO PARA A SEGURANÇA

De forma inerente, a criação de um modelo BIM em software que suporte a sua modelação permite a sua visualização, comparativamente à criação de desenhos num software como o AutoCad a geração de desenhos cria automaticamente um modelo 3D, assim como gera automaticamente cortes e plantas que pode ser visualizadas e ajudar os projetistas e os responsáveis da segurança a encontrar e a retificar fatores de insegurança na obra, de forma mais fácil e célere.

Através da comparação entre regras de segurança e a informação disponível no modelo BIM, fatores de insegurança podem ser identificados e visualizados resultando numa melhoria das propostas para a planificação da construção assim como partilha de informação entre intervenientes. A própria inclusão de software BIM associado a tablets ou smartphones permite um maior acompanhamento em obra, verificação da conformidade entre o planeamento e os trabalhos realizados e até a fácil visualização por qualquer trabalhador dos trabalhos a realizar e considerações a ter em conta para a tarefa designada.

Assim, como forma de ter em atenção estas questões procura-se cada vez mais a implementação de ferramentas BIM que auxiliem na identificação precoce de riscos, prevenção de acidentes e comunicação de riscos, que acabará consequentemente por salvar vidas de trabalhadores [4].

2.5. FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA O PROJETO DE SEGURANÇA

Os esforços para a análise e controlo da segurança são essencialmente baseados tendo em conta estatísticas de acidentes e relatórios de acidentes, surgem assim vários métodos de análise e tratamento da informação que resultam nas considerações para a aplicação de métodos e procedimentos de segurança. Esta análise, no entanto, não é suficiente para poder prever quando e onde ocorrem os acidentes em projetos de construção com características únicas. Isto levou à procura de novas maneiras de projetar e abordar este tema utilizando projeções virtuais e simulações de procedimentos na fase de construção.

Como constado por [10], uma das mais promissoras direções que está a ser aplicada relativamente ao BIM na indústria da AEC, é a facilidade de verificação de várias regras e simulações na avaliação do projeto numa fase inicial.

Um sistema de verificação automático baseado em regras é um software que não modifica nenhum parâmetro do desenho do projeto, em vez disso avalia tendo em conta os objetos que compõem o edifício. Um sistema deste género ajuda o utilizador a definir e aplicar regras que identificam situações importantes no modelo e que geram avisos que definem a aprovação ou não de uma determinada condição ou objeto.

A correta avaliação pelo software requer um certo cuidado por parte de quem concebe o modelo já que deve respeitar requisitos, que representam a corretamente o modelo, o faseamento construtivo, manutenção e outros aspetos do projeto.

Com a utilização do BIM, estas simulações podem ser realizadas por diferentes softwares para diferentes fins de forma mais rápida e fiável. Por exemplo, um modelo pode ser usado para avaliar o espaço disponível para colocar elementos de segurança ou para a própria construção do elemento, para a circulação dos trabalhadores, verificação da segurança como já foi referido e uma estimativa inicial do custo. O BIM facilita a implementação de diferentes sistemas de avaliação automática de regras, no entanto, a criação de interfaces fiáveis ainda levanta envolve diferentes questões técnicas.

2.5.1. PLANEAMENTO DO PROJETO BASEADO NUMA ESTIMATIVA DO RISCO

Um método teórico apresentado por [11] consiste na estimativa da distribuição do risco ao longo do projeto, esta análise pretende analisar os momentos durante a construção em que existe uma maior concentração de riscos e assim ajustar o planeamento por forma a evitar picos de riscos.

As características de cada fator que geram um risco têm que ser estabelecidas, posteriormente a combinação dos diferentes riscos de uma atividade pode ser estimada. Numa estaleiro, cada atividade pode normalmente acarretar diferentes fatores que lidam a riscos e um ou todos dos fatores podem afetar a probabilidade de ocorrer um acidente. Assim sendo a quantidade de risco associado a uma tarefa é a combinação dos diferentes fatores lidam a riscos relativos a uma dada tarefa. A análise da combinação de riscos permite aos responsáveis pela gestão da segurança e planeamento da construção, aferir as características de cada risco para cada atividade no planeamento e determinar um planeamento para a segurança do projeto.

Após a estimativa do risco para cada tarefa, a lista de riscos para cada tarefa precisa de ser examinada por forma a concluir se existem alturas do planeamento em que a avaliação dos riscos excede o limite permitido. Por forma, a evitar os picos em que ocorrem a concentração de riscos, devem ser designados elementos de segurança suficientes para essa tarefa, no entanto em certas ocasiões não é possível a

colocação dos elementos necessários devido à sobreposição de tarefas a decorrer que necessitam dos mesmos equipamentos de segurança.

Assim, é sugerido que a hora do início e do fim das tarefas deve ser ajustado até que haja elementos de segurança suficientes para a tarefa. A decisão de um planeamento de segurança deve ter em conta os vários fatores que afetam e originam riscos na obra, nomeadamente: orçamento, data de conclusão da obra, as condições meteorológicas, o tipo de projeto, as capacidades dos trabalhadores, o número de trabalhadores e o número de pessoas envolvidas na gestão da segurança.

2.5.2. PREVENTION THROUGH DESIGN - PtD

Propõe-se a criar um conjunto de regras de segurança com o apoio de processos de decisão apoiados por inteligência artificial, por forma a que possam ser encontrados potenciais riscos e sejam propostos métodos preventivos.

Conforme presente em [12], o processo consiste: 1) parametrização das regras e escolha das medidas preventivas, 2) adaptação do modelo BIM de modo a poder ser analisado pelas regras estabelecidas, 3) comparação entre as regras e a informação fornecida pelo modelo e 4) apresentação de resultados e apresentação dos resultados no modelo BIM. Há que ressaltar que por forma a este método ser implantado não chega uma mudança imposta pela obrigação legal de cumprir o estipulado mas também e principalmente uma mudança de atitude no que toca à atitude dos intervenientes, sendo que os projetistas e responsáveis pela gestão têm uma grande responsabilidade no que toca à promoção da segurança através dos projetos produzidos.

O PtD é reconhecido como um método capaz de eliminar perigos e reduzir riscos em todas as tarefas da construção, traduzindo-se na sua qualidade, custo, sustentabilidade e planeamento. É considerado uma medida de segurança passiva e deste modo, não precisa de interação com os trabalhadores e funciona mesmo que ocorram imprevistos nos trabalhos [13].

Este conceito parte do pressuposto que a eliminação dos riscos quanto mais precoce for mais barata, prática e capaz de beneficiar todos os envolvidos no projeto, com cooperação de todos os elementos envolvidos, quanto mais cedo for a implementação da segurança, menor será a possibilidade de ocorrer um acidente, que paralelamente cria a possibilidade de poder reduzir custos, como por exemplo com lesões de trabalhadores.

Existe, no entanto, a dificuldade de implementar o PtD de maneira generalizada isto porque, não existe consenso no que toca aos custos referentes à segurança em fase de projeto, seja porque uma estimativa inicial da segurança acresce ao valor da proposta da obra, os projetistas não se sentem obrigados do ponto de vista legislativo a ter em consideração a segurança em fase de projeto.

A questão económica é fundamental para que haja uma compreensão e aceitação deste método, é importante perceber que apesar de haver um custo inicial devido às considerações sobre segurança, estes custos serão sempre menores comparativamente à não adoção deste método.

2.5.3. MANAGEMENT MODEL FOR PROJECT THROUGH DESIGN (MMPtD)

A criação do modelo MMPtD surge no seguimento de uma tese de doutoramento [13] que analisou as causas de cerca de 2000 acidentes mortais ou graves e na sequência do ponto anterior. Determinou-se para cada ocorrência as medidas que poderiam ter sido tomadas para eliminar, ou diminuir a possibilidade do risco de acidente, a partir desta análise foram criados guias de procedimento a

implementar anteriormente à abertura de estaleiro que servem como auxiliar aos projetistas ou diretores de obra.

Uma das grandes vantagens deste método parte da possibilidade de em qualquer momento os intervenientes na obra seja: operários, responsáveis pela segurança, encarregado ou técnico, possam aceder a informação relativa às tarefas a realizar e medidas preventivas, isto assume uma dimensão preponderante quando é necessário verificar ou corrigir atitudes e métodos em tempo real. De facto, cada operário tendo acesso à aplicação ficará ainda mais consciente de medidas e atos que garantam a sua segurança, já que é parte fundamental na garantia da sua própria segurança.

Há também a possibilidade de visualizar a obra em modelo digital acessível em tempo real na obra e integrar a este método a utilização de localizadores geoespaciais para cada trabalhador, como método de análise e possível intervenção por parte dos responsáveis da segurança sobre procedimentos que possam gerar riscos.

2.5.4. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

Enquanto um modelo BIM é definido pela informação associada a cada elemento geométrico com o máximo de fiabilidade possível, a utilização de um sistema de geolocalização (GIS) é um conjunto de informação obtida na generalidade sobre a obra. Desta forma, permite conhecer o posicionamento de trabalhadores e máquinas, garantindo eticamente que a informação processada não é sobre o que o trabalhador está a fazer, mas apenas o seu posicionamento como forma de alerta para a proximidade de máquinas ou correção por parte dos responsáveis pela segurança. Pode ainda ser associada a um Sistema de decisão automático baseado inclusivamente no MMPtD [4][12].

2.5.5. BASES DE DADOS DE INFORMAÇÃO

Como já foi referido a falta de informação relativa a acidentes de trabalho que permanece retida em seguradoras e investidores de acidentes fatais facilitaria e poderia complementar o processo de decisão na fase de projeto. Desta forma, a criação de uma base de dados de informação e consequentemente de medidas de prevenção com variadas vertentes permitiria auxiliar o processo de decisão de projetistas e responsáveis pela segurança.

No entanto, há que ressaltar que grande parte dos estudos neste âmbito ainda se encontram numa fase conceptual devido às suas limitações, isto porque ainda existe o desafio de conseguir assegurar que a informação providenciada por um número de pessoas está correta e completa no que toca à análise de potenciais riscos [4]. Devido à diferente experiência dos intervenientes, diferentes bases educativas e diferentes conhecimentos base o processo de gestão de riscos baseado na partilha de conhecimento é ainda um processo desafiante.

2.5.6. 4D BIM

Esta metodologia alia um modelo BIM em 3D uma quarta dimensão que é a componente temporal, analisando paralelamente o modelo com o planeamento da obra e assim poder tirar partido da análise faseada da construção, nomeadamente processos construtivos e auxílio no que toca a considerações sobre segurança e deteção de incompatibilidades de espaços ou elementos.

Em a [14], tratou-se efetivamente de gerar um modelo BIM que foi analisado do ponto de vista de gestão do espaço e das alterações que pode sofrer um estaleiro ao longo do faseamento construtivo,

contribuindo assim para uma análise detalhada de possíveis riscos, colocação de instalações e maquinaria, antecipando possíveis incompatibilidades e conflitos de espaço ao longo do tempo.

Outro exemplo que demonstra esta mesma metodologia embora não se façam modelos diferentes ou em espaços temporais diferentes, advém de [15], em que manualmente se procedeu á análise sobre questões de espaço, segurança e também eficiência do ato construtivo, resultando inclusivamente em diferentes soluções construtivas das propostas em fase de projeto.

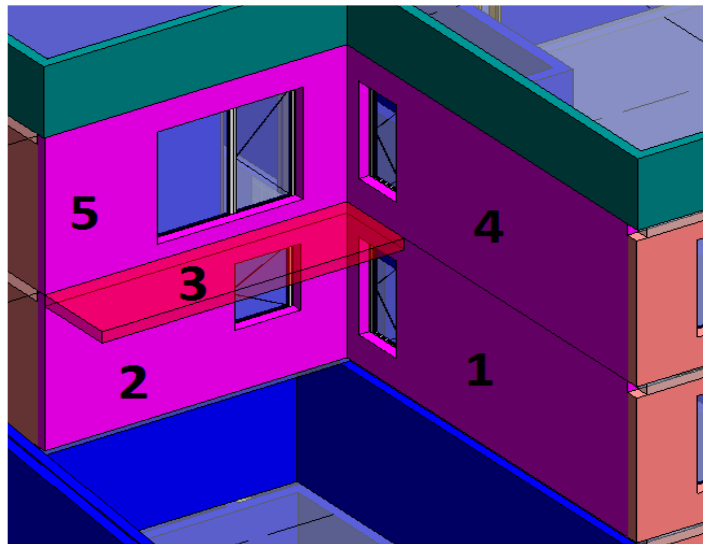


Fig. 2 – Sequenciamento construtivo (Fonte: [15])

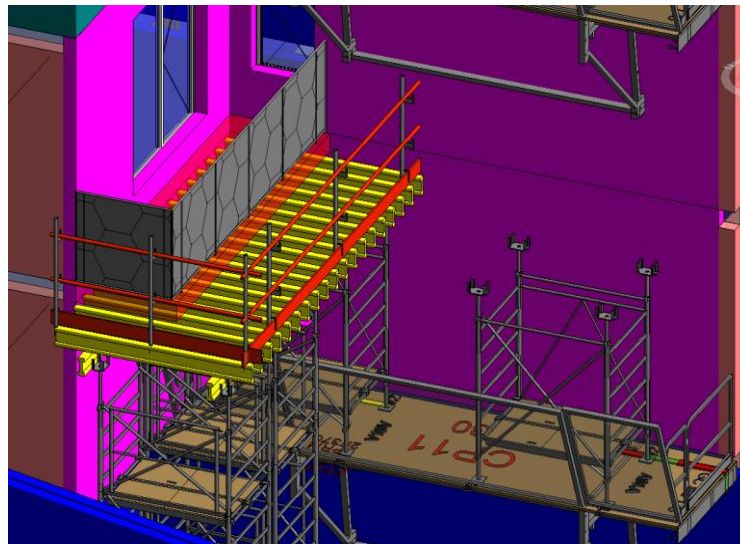


Fig. 3 – Pormenor construtivo (Fonte: [15])

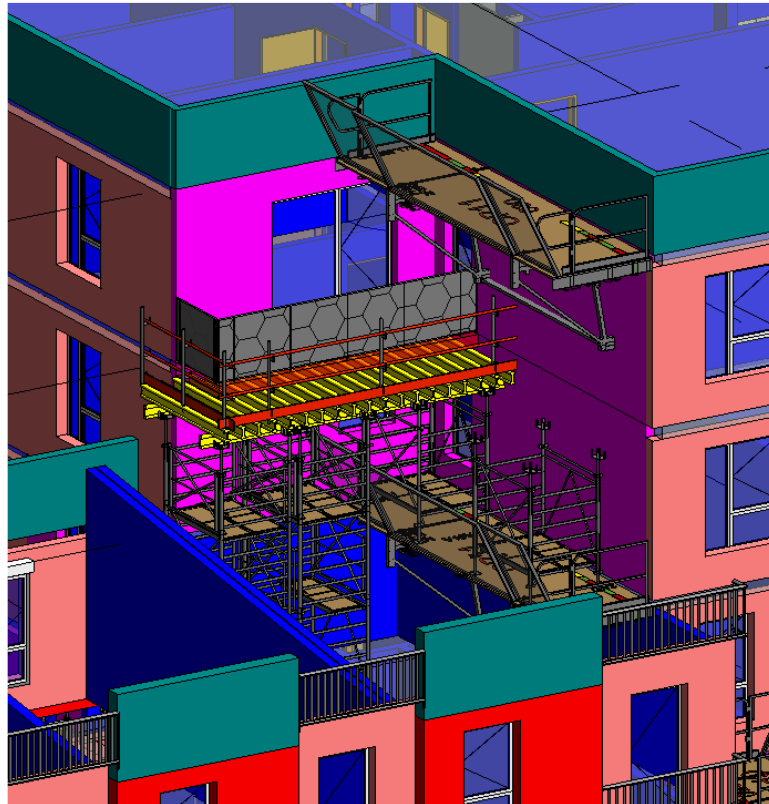


Fig. 4 – Material de segurança a utilizar (Fonte: [15])

Também o VTT Technical Research Centre of Finland [10] desenvolveu um procedimento manual que utiliza tecnologia BIM para planeamento da segurança, gestão e comunicação. Neste caso, utilizando por base o conceito 4D BIM, no software Tekla Structures, foi possível visualizar para diferentes fases de construção a colocação de elementos de proteção contra queda, nomeadamente guarda-corpos. Este procedimento será analisado no próximo subcapítulo pela necessidade de abordagem do tema da verificação automática da segurança.

Embora este método tenha claramente vantagens para o melhor controlo logístico da construção e da sua gestão da segurança, ainda requer que a análise das condições da obra e a identificação de riscos seja feita manualmente, a utilização de dados quantitativos que possam ser retirados do modelo BIM e utilizados na gestão da construção, será sempre necessário um tratamento detalhado de fluxos de trabalho e de utilização de estruturas provisórias antes que se possa considerar uma análise automática das condições do projeto[16].

2.6. VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA SEGURANÇA (SAFETY RULE CHECKING)

Por forma a reduzir ou eliminar por completo a componente manual da análise da segurança e geração de elementos a resposta passa pela criação de um sistema de verificação automática de riscos baseada em regras ou regulamentos. Esta aplicação tem principal impacto no sentido da rapidez e eficiência com que pode ser feita, havendo alterações no modelo e principalmente ao longo do faseamento construtivo.

O processo de verificação é igual ao descrito em 2.5.3, serve inclusivamente como parte integrante do MMPtD, no entanto neste subcapítulo procura-se responder a outras questões e aprofundar o tema.

2.6.1. CONCRETIZAÇÕES PRÁTICAS DA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA SEGURANÇA

Existem vários estudos e artigos referentes à aplicação prática deste conceito, serão abordados de seguida alguns desses estudos, com incisão em alguns processos e conclusões.

Em [16] tendo por base regras pré-definidas pelos responsáveis pelo projeto ou inclusivamente regras legislativas, podem ser simuladas as condições de trabalho na obra. Os riscos são assinalados e há a possibilidade de observar o avanço cronológico da obra e das suas condições, dos espaços a serem utilizados e zonas de acesso restrito. São gerados equipamentos de segurança, como por exemplo andaimes e diariamente a aplicação gera uma listagem dos riscos identificados e essa informação é passada para o utilizador.

O próprio faseamento da instalação de andaimes pode ser observado, o que agiliza o processo da distribuição de material e a sua instalação.

Apesar da verificação automática durante a construção houve sempre o acompanhamento de uma equipa de gestão de segurança, que poder-se-á dizer segue o processo convencional de acompanhamento e debate das condições de segurança e riscos.

Efetuando a revisão de resultados, muitos dos potenciais riscos identificados com a verificação automática não foram identificados como riscos pelas equipas de gestão da obra e de segurança.

Outra análise realizada num caso de estudo em [8] demonstra os efeitos práticos da aplicação deste método com a semelhança e adequação dos elementos às necessidades da construção, como se demonstrará nas figuras seguintes.

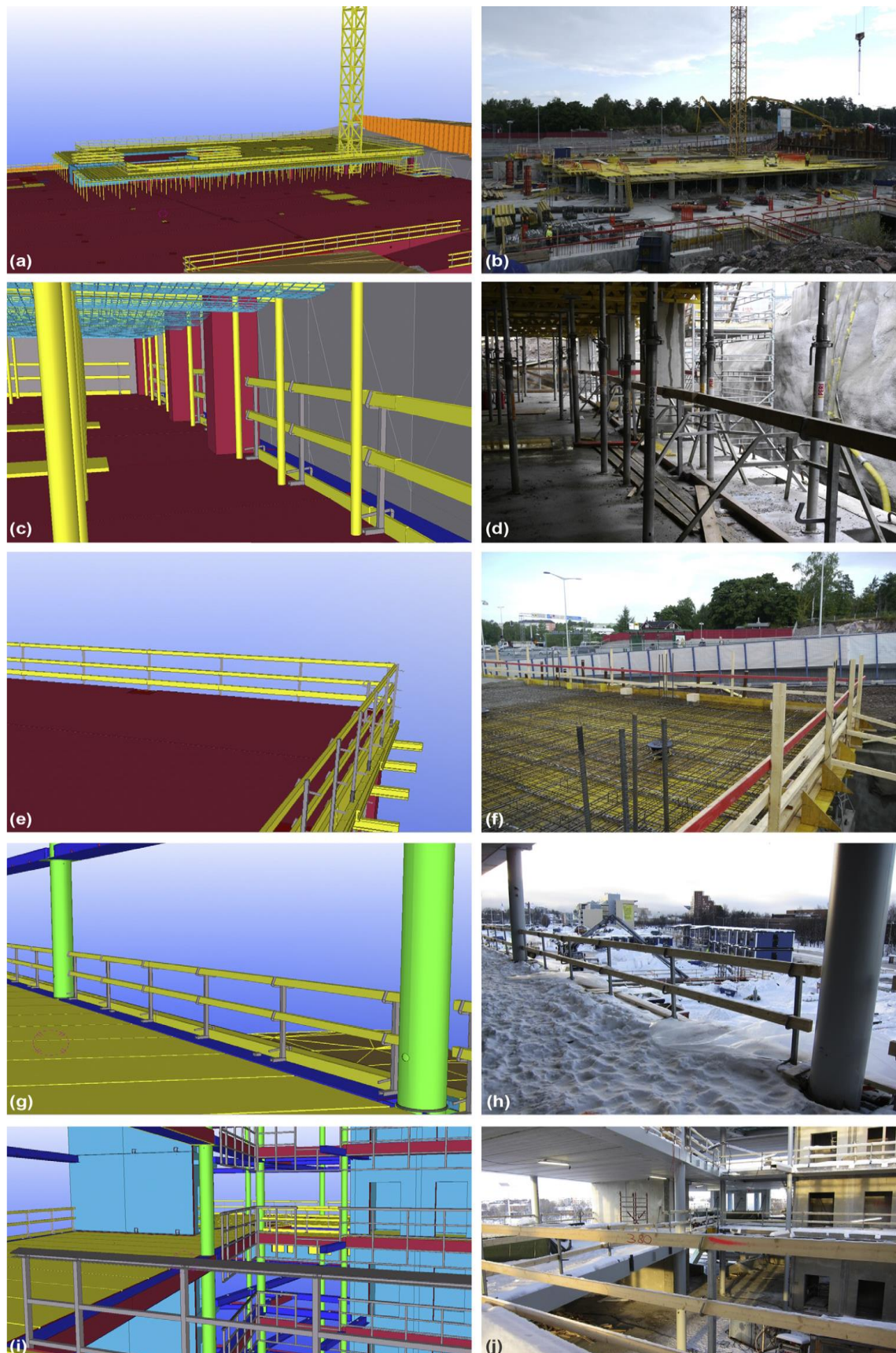


Fig. 5 – Comparação entre modelo e situação real (Fonte: [8])

Este método tem benefícios facilmente assinaláveis como o tempo requerido para incorporar as soluções de segurança, este é reduzido significativamente quando comparada com o método manual. É necessário um conhecimento menos aprofundado em matéria de segurança, já que essa informação se encontra armazenada na própria aplicação, assim como o modelador precisa de ter uma menor familiaridade com o modelo no seu todo, nomeadamente para saber como adicionar e remover elementos, requisitos da construção e regulamentos de segurança. Caso haja mudança no projeto, as alterações são feitas automaticamente sem necessidade de atualização do modelo manualmente, uma das contrariedades poderá ser o nível de detalhe dos objetos de segurança, mas meramente do ponto de vista gráfico e não do seu simbolismo e posicionamento.

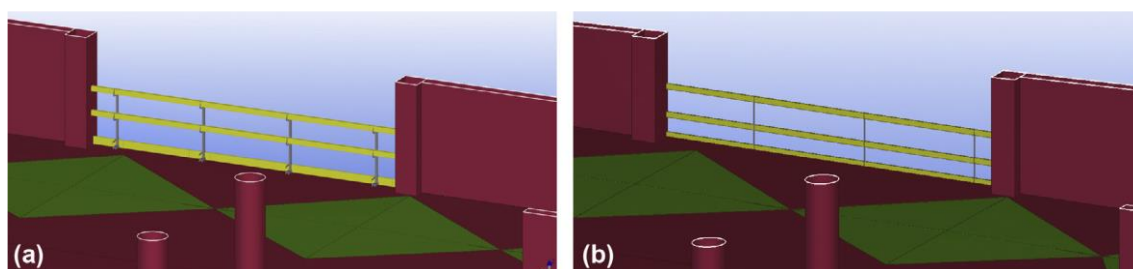


Fig. 6 – (a) Modelação Manual; (b) Modelação automática (Fonte: [8])

Tabela 1 – Comparação entre modelação manual e automática (Fonte: [8])

	Modelação manual	Modelação automática
Tempo necessário	Muito	Baixo
Conhecimento necessário sobre segurança	Muito elevado	Baixo
Facilidade em atualizar o modelo	Difícil	Fácil
Nível de detalhe	Alto	Baixo

Uma limitação desta aplicação é que depende exclusivamente da informação presente no modelo como o planeamento e a geometria do modelo. Erros, lacunas, informações completas, ou geometrias mais complexas farão com que não seja possível correr de maneira eficiente o programa, ou mesmo não ser possível que este funcione.

É, contudo, aconselhado que a solução apresentada pelo programa seja analisada pelo responsável da segurança por forma a tecer considerações, validar e editar os resultados [8].

Em [17] são apontados problemas relativos à utilização deste tipo de sistema são eles: 1) a maior parte dos programas que fazem este tipo de verificação utilizam um ficheiro no formato IFC que atualmente tem as suas limitações e em que há perda de informação, como por exemplo texturas e 2) a quantidade de código inerente à análise de todas as possibilidades de riscos e restrições é muito grande, o que cria um problema na análise de erros do próprio algoritmo assim como do modelo.

2.6.2. NECESSIDADE DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE VERIFICAÇÃO DE REGRAS PARA A SEGURANÇA

O planeamento e a fase de projeto são uma oportunidade incomparável no que toca à possibilidade de prevenir e eliminar riscos antecipadamente. A introdução de um sistema como o referido que aplica os regulamentos, as melhores práticas e conhecimentos sobre segurança durante a fase de projeto, podem ser usados em junção com um modelo tridimensional e o seu planeamento [16].

Uma ferramenta desta natureza pode providenciar elementos de visualização de fácil compreensão, do progresso atualizado da construção e da segurança ao longo do tempo e em particular detetar atempadamente riscos e locais de perigos na obra [10].

Neste âmbito o LicA [18] é uma aplicação que realiza a verificação automática do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (DR no. 23/95), foi desenvolvido do zero, baseado neste regulamento. Foi realizado com a intenção de se provar que é possível criar um ambiente de interoperabilidade BIM.

Nesta aplicação o código criado tem como grande preocupação a segurança no seu todo, o conforto, acessibilidades e o desempenho do edifício seguindo as especificações do regulamento [18].

Serve, por isso, como base de fundamento e como possibilidade da adequação dos regulamentos e normas aos processos de verificação automática, haverá sempre a necessidade da legislação e regulamentos ser o mais detalhada possível para que possa ser introduzida de maneira perentória no código que fundamenta a aplicação. Neste âmbito existe legislação e normas internacionais que podem e devem ser utilizadas para aumentar a eficiência da verificação automática como:

- Decreto-Lei nº 273/2003;
- Decreto-Lei nº 141/1995;
- ANSI (American National Standards Institute);
- HSG65 – Managing for health and safety (Regulamento do Reino Unido);
- ILO-OSH 2001 (International Labour Organization);
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration);
- ISO 45001, com publicação prevista para março de 2018 (International Organization for Standardization).

3

JOGOS PEDAGÓGICOS ENQUANTO FERRAMENTA DE FORMAÇÃO

3.1. FORMAÇÃO DOS TRABALHADORES

A criação e observação de um modelo 3D permite variadas aplicações como abordado anteriormente, neste capítulo oferece-se uma perspectiva sobre a sua capacidade enquanto instrumento de formação, aliada à realidade virtual.

A inadequação da formação para a segurança ou a falta dela, contribui inequivocamente para a falta de preparação dos trabalhadores, agindo como catalisador para que possam ocorrer acidentes na construção. Um programa de aprendizagem e formação eficiente pode melhorar significativamente a redução de acidentes, assim como, sensibilizar os intervenientes para a sua própria segurança, promover a discussão de medidas de segurança, aumentar o seu conhecimento sobre a própria segurança e riscos e até treinar métodos e técnicas de construção para melhorar as suas habilidades e conhecimentos sobre métodos construtivos, contribuindo assim para uma diminuição da possibilidade de ocorrerem acidentes.

Existem variados jogos e plataformas que permitem a aprendizagem e verificação de competências. De seguida serão apresentados alguns exemplos, sendo que alguns podem não ser considerados como jogos, são plataformas de conhecimento e partilha de informação, principalmente sobre segurança e que são facilmente acessíveis por qualquer pessoa, para além da sua própria importância e espaço conquistado no que toca à pedagogia na segurança do trabalho.

Tradicionalmente, a formação de cada trabalhador passa essencialmente pela empresa que o emprega, ou pela sua autoformação se assim o desejar. Como tal, a formação varia de empresa para empresa, não sendo também obrigatória do ponto de vista legislativo. Surgem apenas nesse sentido o Contrato Coletivo de Trabalho entre a AECOPS e a FETESE, publicado no Boletim de Trabalho e Emprego n.º 30 de 15/08/2016 e a Diretiva 2006/42/CE referente a máquinas. Abaixo encontra-se reproduzida a Cláusula 72ª, do referido CCT.

“1- O empregador deve assegurar a cada trabalhador o direito individual à formação, através de um número mínimo anual de horas de formação, mediante ações desenvolvidas na empresa ou a concessão de tempo para frequência de formação por iniciativa do trabalhador, de acordo com a legislação em vigor aplicável.

2- O trabalhador deve comparecer e participar de modo diligente nas ações de formação profissional que lhe sejam proporcionadas.”

3.2. METODOLOGIAS DE FORMAÇÃO

3.2.1. IN-SITU

Na perspetiva da segurança, o ideal seria a inclusão de novos trabalhadores diretamente na obra, por forma a terem o contato necessário com as técnicas e procedimentos e pudessem perceber e corrigir os riscos envolvidos no trabalho, no entanto, tal método não pode ser implementado, já que, uma obra de construção precisa de progredir o mais rapidamente e eficientemente possível. Optando por uma solução deste tipo, também se estará a expor o trabalhador a riscos para os quais pode não estar preparado [19].

Ao trabalhador é, portanto, fornecido com um conjunto de instruções, na forma de desenhos 2D, figuras e textos, que abordam temáticas como as operações realizadas, os tipos de plantas, os equipamentos utilizados, manutenção, plano de trabalhos, entre outros.

Como resultado um trabalhador que tenha pouca experiência, ou seja totalmente inexperiente terá dificuldade em assimilar toda a informação e pô-la em prática.

3.2.2. FORMAÇÃO PRESENCIAL

Este tipo de formação é realizado em sala ou condições semelhantes e é apresentada com recurso a vídeos, apresentações e guias de estudo. São habitualmente realizados questionários, para que seja possível aferir a compreensão da temática por parte dos formandos.

O NAPO, é talvez um dos métodos mais célebres para a obtenção de informação sobre riscos no ambiente de trabalho. O conceito por detrás do Napo surge em consonância com a necessidade de uma plataforma/método, que pudesse servir um contexto Europeu. Desta forma, um pequeno grupo de responsáveis pela comunicação da OSH (Occupational Safety and Health) representativos de diferentes países europeus, criou um herói de uma série de desenhos animados, que é o símbolo de um trabalho genérico, sem caracterização da indústria ou sector que representa.

Esta abordagem faz com que o Napo se possa aduar a qualquer tipo de indústria, sendo que a personagem não tem alterações na sua personalidade ou aspecto físico em todos os diferentes filmes. É então um herói ficcional que se expressa por gestos e sons que não se assemelham a qualquer linguagem, desta forma pode ser transversal a diferentes meios e culturas, criando um personagem simples e neutro que se pode adaptar a diferentes países europeus.

Os filmes não pretendem dar informação exaustiva sobre o tópico da segurança, servem, isso sim, como meio de sensibilização para a identificação de perigos e riscos, sugestão para melhorar a segurança e organização do espaço de trabalho. O conceito que atravessa toda esta ideia é de que a segurança deve ser encarada com um sorriso (“Safety with a smile”) [20].

Outro exemplo de elemento pedagógico é o [21], as características deste elemento pedagógico são diferentes dos exemplos a seguir descritos, trata-se de um eBook com informação relativa a Segurança na Construção, sejam as questões essenciais, exemplos de normas, práticas e medidas preventivas, gestão da segurança, legislação e como complemento final um conjunto de animações que exemplifica, tece considerações específicas sobre os elementos, como por exemplo andaimes e contém inclusive jogos que podem servir como teste aos conhecimentos adquiridos com a leitura do eBook, sobre equipamento individual de segurança e limpeza na obra. Estas animações incidem sobre: organização do local de trabalho, andaimes, veículos, equipamentos, escavações, elevação, limpeza da obra, ergonomia e escadas.

Este documento aqui abordado não tem como intuito fundamental a possibilidade de interação por parte do utilizador, é antes um documento extenso que engloba as mais variadas considerações sobre segurança na construção e procura informar o leitor sobre normas, legislação e boas práticas referentes a segurança na construção.

As imagens abaixo representadas mostram a interface dos jogos, nomeadamente, o jogo relativo a equipamentos individuais de segurança e limpeza na obra, o utilizador é levado a interagir com o cenário por forma a apontar as soluções corretas e descobrir o que está errado, respetivamente.



Figura 7 – Equipamento de proteção individual (Fonte: [21])



Figura 8 – Limpeza na obra (Fonte: [21])

3.2.3. REUNIÕES DE SEGURANÇA

Habitualmente, procedem-se a reuniões diárias ou semanais e são um método importante na formação para a segurança. Durante estas reuniões são fornecidos diferentes elementos aos trabalhadores como livros, vídeos, apresentações, entre outros. Com estes elementos são também apresentados os regulamentos relativos a procedimentos de construção e utilização de equipamentos.

São também utilizados como caso de exemplo, acidentes ocorridos em circunstâncias semelhantes, de construção ou procedimentos. Desta forma, pode ser descrito um cenário em que ocorreu a fatalidade, é estimulada a discussão entre os intervenientes para que sejam assimilados os conceitos, os métodos de segurança, os elementos de segurança, procedimentos e regulamentos a pôr em prática para evitar acidentes.

3.3. JOGOS SÉRIOS

A utilização de jogos sérios procura não só permitir ao utilizador adquirir conhecimentos, mas também que os possa adquirir de forma mais intuitiva e mais rápida, com o auxílio de um formador ou de um tutorial. O facto do utilizador se sentir imerso no jogo através da sua identificação pessoal com o caso, criando uma ligação entre a experiência virtual e a real, influenciam decisivamente a eficácia deste método de formação, motivam o formando e proporcionam um cariz exploratório que acaba por favorecer a aprendizagem e o ajudam a desenvolver competências e habilidades de experiência que habitualmente só poderiam ser adquiridas através da aprendizagem em contexto real e expondo o trabalhador aos riscos que o jogo permite simular [22].

3.3.1. EXEMPLOS DE JOGOS SÉRIOS (NÃO RELACIONADOS COM A CONSTRUÇÃO)

Existem variados jogos que se provaram benéficos na formação e aprendizagem de conceitos em diferentes áreas, foram usados por [23], como método de ensino para a segurança alimentar a trabalhadores envolvidos na indústria alimentar. [24] criou uma plataforma 3D para a análise da eficácia do tratamento da aracnofobia expondo os participantes no estudo a um ambiente de realidade virtual que se provou posteriormente benéfico no tratamento desta fobia. [25], responde à necessidade de criar um método de treino como capacidade de gerar diferentes cenários de fogo para que o responsável pela extinção de fogos de uma refinaria esteja preparado para diferentes eventualidades, utilizando um computador ou realidade virtual para o efeito.

Também, [26], utiliza um jogo em realidade virtual como forma de treino sistemático para a preparação de cirurgias iniciantes, provou-se não só a melhoria das suas capacidades assim como que este efeito pode ser ainda melhorado com a qualidade gráfica associada à simulação.

3.3.2. USING GAME TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE SAFETY OF CONSTRUCTION PLANT OPERATIONS [19]

Esta pesquisa utilizou um motor de jogo para que fosse possível auxiliar o treino de segurança em tarefas de construção, nomeadamente a cooperação entre trabalhadores para o desmantelamento de uma grua, na esperança de se conseguir uma maior eficácia na segurança em obra.

Foi então criado um jogo em que três trabalhadores cooperam entre si para o desmantelamento de uma grua (G1). Um dos trabalhadores opera uma grua extra (G2), enquanto os restantes realizam tarefas que envolvem a ligação de cabos de aço da G2 a um elemento de G1, remoção dos parafusos ligados ao elemento de G1 e finalmente a elevação e colocação do elemento de G1 num local designado.

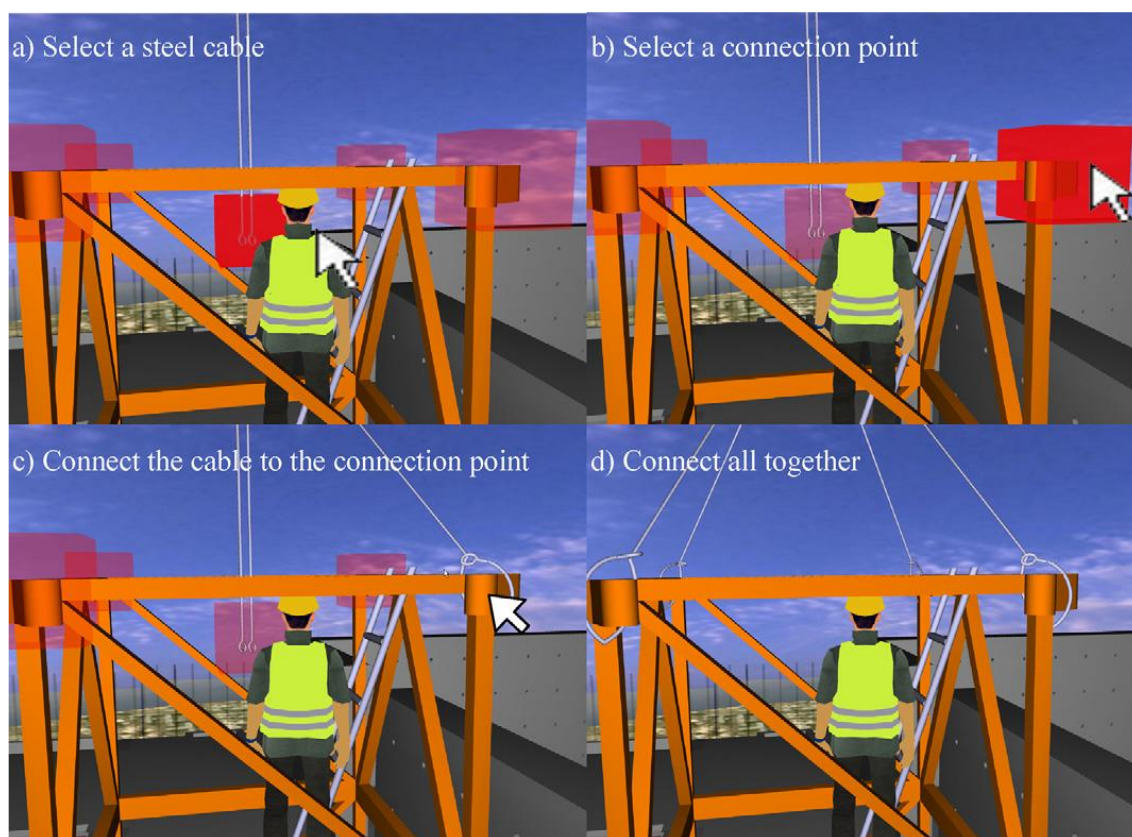


Fig. 9 – Ligação dos cabos (Fonte: [19])

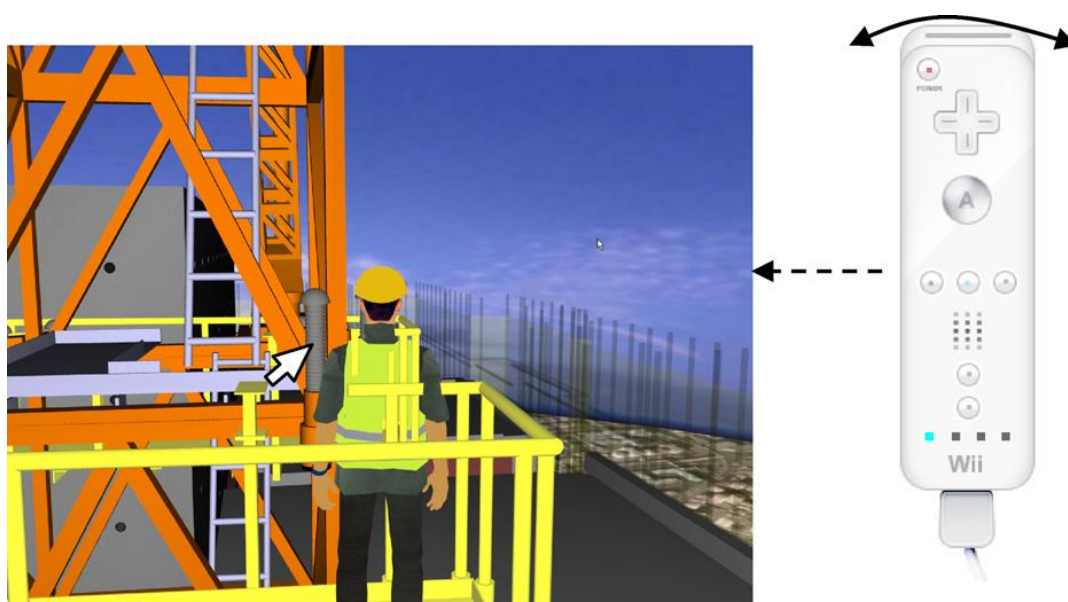


Fig. 10 – Remoção dos parafusos (Fonte: [19])

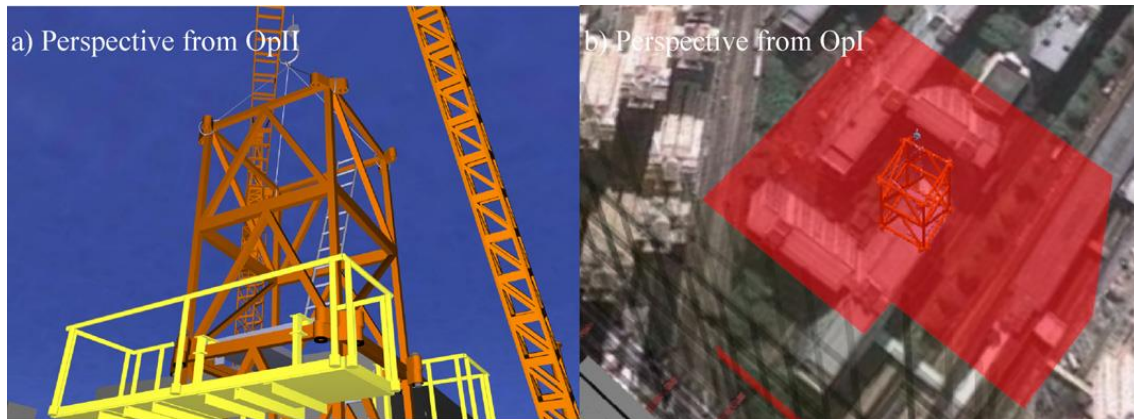


Fig. 11 – Elevação e colocação do elemento (Fonte: [19])

3.3.3. CONSTRUCTION SAFETY TRAINING USING IMMERSIVE VIRTUAL REALITY [27]

A realização deste estudo, testou a hipótese da formação de trabalhadores ser realizada num ambiente virtual e ser fiável e exequível, comparativamente à formação convencional, no que concerne à identificação e avaliação de riscos. A amostra foi gerida da seguinte forma, metade do grupo recebeu formação através dos meios convencionais e a outra metade obteve formação recorrendo a um ambiente imersivo virtual (IVE-Immersive virtual environment).

A escolha deste método parte essencialmente da possibilidade de se poder partilhar a informação com um número maior de participantes ao contrário da utilização de um head-set de realidade virtual.



Fig. 12 – Immersive virtual environment (Fonte: [27])

Foi então utilizada uma configuração com 3 telas, EON Icube CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), que usa um sistema de projeção 3D stereo e óculos de realidade virtual ativos de 120Hz de frequência.

Os investigadores, entre outros pontos, puderam concluir que os formandos aos quais foi dada a formação em ambiente virtual mantiveram a atenção durante mais tempo, em oposição aos que receberam a formação da forma convencional e que após uma hora não mantinham os mesmos níveis de atenção.

3.3.4. VIRTUAL REALITY SIMULATION FOR CONSTRUCTION SAFETY PROMOTION [28]

O artigo acima referido preocupa-se com os riscos associados às instalações elétricas na construção, desta forma, parte do pressuposto da necessidade do treino repetido de tarefas relacionadas com a eletricidade para a aprendizagem dos trabalhadores e assim terem conhecimento dos riscos envolvidos nas tarefas. Esta preocupação deve-se também à eletricidade não ser um elemento palpável, assim como o perigo inerente às suas tarefas que reduz a possibilidade dos aprendizes reconhecerem os riscos e treinarem num contexto real.

O exemplo deste artigo, usa linhas de tensão num projeto de engenharia civil, com a proximidade de maquinaria como um dos riscos e que o ambiente simulado é o de uma estrada, de dia e a céu aberto.

Com este jogo é proposto ao utilizador a navegação pelo ambiente virtual, desta forma, à medida que explora o cenário seguindo instruções, será exposto a uma variedade de riscos e ser-lhe-ão apresentadas respostas para os riscos, como por exemplo, regulamentação legal.

São usadas pistas, de maneira, a atrair o utilizador e levá-lo a finalizar todas as etapas de treino presentes no cenário. Quando completar todas as etapas, o utilizador será reencaminhado para uma plataforma de testes que seleciona aleatoriamente uma ou mais tarefas, que foram apresentadas previamente. O utilizador é então avaliado sobre os conhecimentos adquiridos previamente, desta vez sem a ajuda de pistas, nem notificações.



Fig. 13 – Interface da aplicação (Fonte: [28])

4

SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO

4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA

A comunicação em torno da segurança é uma parte integral da estratégia de qualquer empresa. Apoia diariamente nas tarefas a realizar, promove a própria segurança e ajuda na gestão do trabalho. Ajuda também a criar e manter o funcionamento básico no que toca à segurança, por forma a que funcione e instale um ambiente proactivo em torno de métodos de segurança.

O fundamento básico por detrás da comunicação sobre segurança, é ajudar os trabalhadores a fazerem decisões conscientes em relação à sua segurança e adotar comportamentos e atitudes que melhorem a sua segurança e saúde. A comunicação pode resultar como uma forma de espalhar a mensagem sobre as normas e atitudes numa empresa. Pode facilitar a perceber metodologias de segurança, riscos e as políticas de segurança da empresa. Para que os agentes na construção desenvolvam o seu interesse pela comunicação sobre segurança é necessário que tenham abertura à informação, que eles próprios falem sobre a informação que possuem sobre segurança e que haja facilidade de acesso à informação.

Estar aberto a nova informação, assim como essa informação estar aberta a todos, será um fator crucial na criação de uma atmosfera positiva em torno da segurança. Abertura na comunicação ajuda os trabalhadores a sentirem que têm o apoio da empresa e que as suas ideias e opiniões são tidas em conta. Abertura a nova informação é igualmente importante, já que acontecimentos que levam a acidentes por norma não fazem parte da rotina diária e são imprevisíveis. Sendo aberto a nova informação isto cria facilidade na partilha da mesma, os trabalhadores, podem levantar questões sobre segurança e sugerir soluções para os problemas levantados.

Um acesso fácil à informação significa que a informação sobre segurança está acessível a qualquer um. Uma comunicação usando diferentes formas de comunicação é vista como uma das maneiras mais eficientes para chegar aos trabalhadores e aumentar a oferta sobre segurança. Isto significa que são utilizados mais que um meio de comunicação para comunicar informações sobre a segurança e que esta informação passa por vários intervenientes. Desta forma, assegura-se todos viram, leram ou ouviram a mensagem, aumenta ainda a exposição à informação. Quando planeado devidamente, a informação sobre segurança pode ser transmitida sem que haja excesso de repetição. As mensagens devem ser simples e fáceis de compreender, mas também deve ser posta à disposição e facilitar mais informação a quem esteja disposto a saber mais.

Como é parte integrante de uma empresa, a informação deve tomar um rumo em que haja uma maior sistematização no seu processo, se bem que devido à natureza dos trabalhos de construção civil, todas as comunicações sobre segurança não podem ser planeadas antecipadamente.

É evidente que o uso de tecnologia BIM aumentará a eficiência das operações em obra, mas também da sua gestão e consequentemente da gestão da segurança. Ferramentas e aplicações BIM serão usadas no planeamento e na implementação do planeamento na direção de obra e fiscalização. A visualização dos modelos será também usada para comunicar sobre considerações gerais, como para mostrar ao dono de obra como o espaço está a ser utilizado, usando um modelo 3D. No entanto e apesar de haver aplicações que proporcionam ao trabalhador visualizar o modelo, a modelação requer mais destreza e em muitos casos um aumento considerável na despesa em software de modelação. Os projetistas possuem a capacidade de produzir modelos, mas não têm o conhecimento relativo às considerações sobre a segurança. Assim deve-se optar por um melhor planeamento que conduzirá a uma melhor coordenação das tarefas na obra, o que levará a melhorar a segurança. Desta forma, serão necessários novos recursos: humanos e tecnológicos, na atividade de planeamento usando metodologias BIM, isto incorrerá em custos que serão comparados com os benefícios de serem implementadas. Os benefícios devem ser identificados e enfatizados para que haja um conhecimento por parte dos donos de obra e que eles também queiram fomentar a segurança na obra.

Uma necessidade natural de um melhor e mais detalhado planeamento surgirá quando a tarefa for demasiado complexa ou os agentes envolvidos não estejam familiarizados com isso. Pelo contrário, muitos aspetos que proporcionam um ambiente seguro na obra são instalações ou estruturas provisórias bastante simples e que normalmente, não são planeados a um nível detalhado. Outra questão, é a contínua mudança no planeamento do trabalho de construção onde os planos são alterados rapidamente de acordo com novas circunstâncias. Consequência disso é que pouco esforço é colocado no planeamento porque os planos mudam facilmente e o planeamento do trabalho pode ser considerado uma perda de tempo.

A importância da gestão da segurança aumentará de forma constante em organizações responsáveis e, portanto, as expectativas para que surjam novas técnicas de gestão existem.

A segurança é afetada a diferentes níveis conceituais no processo de construção e uma das questões é como é que as tecnologias BIM devem ser implementadas ao nível da construção ou de estágios para melhorar a segurança, ou seja, associar mais valor às atividades de planeamento. Um ponto de partida seria enfatizar os aspetos de segurança na construção de projetos e engenharia.

Por exemplo, os apoios necessários, barreiras de segurança e outras estruturas devem ser modeladas no modelo estrutural do projeto para garantir detalhes estruturais. Isto irá aumentar a consciência dos engenheiros estruturais para a segurança em obra e aumentar a interação entre os intervenientes.

Para o dono de obra, o ponto de partida poderia passar por avaliar diferentes planeamentos relativos à segurança para ter mais conhecimentos sobre o assunto. O desenvolvimento dos procedimentos de planeamento leva à necessidade de maior cooperação entre o empreiteiro, os projetistas, o dono de obra e os subcontratados para fazerem melhorarem a comunicação e acrescentarem valor ao trabalho.

Do ponto de vista da segurança, os benefícios mais importantes estão relacionados com o potencial para usar o BIM para planear e analisar a segurança, a gestão da segurança, a comunicação e a promoção da motivação do pessoal.

Além disso, o 4D traz a segurança para mais perto do planeamento na projeção e oferece possibilidades de simulação e planos de segurança atualizados. Os benefícios concretos de uma obra baseada em BIM estão relacionados à sua natureza visual, que encoraja um planeamento mais preciso quanto ao uso do espaço da obra e melhora a gestão de riscos e a comunicação de riscos. Um planeamento para a obra baseado em BIM fornece diferentes pontos de vista necessários no mesmo plano, de tal forma que, a informação pode ser usada para várias finalidades. Pode ainda ser usado para produzir exemplos

ilustrativos representações do estaleiro e considerações relativas à segurança, as visualizações podem ser usadas para orientação dos trabalhadores na obra, orientação e instrução de tarefas, por forma a informar sobre riscos e discussões com o cliente sobre a organização da obra. Além disso, é possível a partir do modelo BIM planejar a disposição do estaleiro e equipamento de segurança, a quantidade necessária, assim como a informação relativa a materiais e equipamentos, que são necessários no processo de escolha e requisição. Os benefícios mais importantes em relação a 4D BIM e os materiais produzidos com a ajuda de um 4D BIM em vez de ser só um modelo 3D BIM estão relacionados com o potencial para realizar planeamento de segurança em tempo real e ligar planos de segurança ao planeamento de tarefas. Explorar as oportunidades para melhorar a segurança com a ajuda do BIM, exige um maior desenvolvimento dos programas, ferramentas e métodos. Além disso, há uma necessidade de obter mais experiência prática sobre segurança e planeando fazendo uso de metodologias BIM.

Como o uso do BIM está a aumentar rapidamente, este tem um grande potencial para ser desenvolvido e tornar-se um método fácil de usar para apoiar o fornecimento, encadear e espalhar informações atualizadas sobre as atividades de construção no local e perigos para a segurança encontrados. Pode ser desenvolvido para novas formas de planeamento e comunicar questões relacionadas à segurança a todas as partes interessadas de forma fácil de entender o ambiente virtual 3D.

O desenvolvimento e utilização do BIM está em ascensão e várias aplicações e metodologias já foram utilizadas na expansão de grandes empresas. Por exemplo, o layout da obra baseado em BIM está se a tornar um método comum no planeamento. Há ainda assim, necessidade de acelerar esse progresso, usando ferramentas BIM menos hostis ao utilizador em que não seja necessário tanto conhecimento técnico e mais formação dos trabalhadores, que deverá surgir com o desenvolvimento natural e da utilização do BIM.

“Em todo o mundo ocorrem, por ano, cerca de 270 milhões de acidentes de trabalho, morrem cerca de dois milhões de homens e mulheres e são registradas mais de 160 milhões de doenças profissionais. Em média, todos os dias morrem 6.000 pessoas devido a acidentes ou doenças relacionadas com o trabalho. Num terço destes casos, a doença provoca a perda de pelo menos, quatro dias de trabalho. Além disso, perdem-se 4% do Produto Interno Bruto - PIB mundial devido aos custos das ausências de trabalho, dos tratamentos das doenças, das incapacidades e das pensões de sobrevivência a que as lesões, as mortes e as doenças dão origem.

O setor da construção se destaca, visto que um em cada seis acidentes mortais ocorre na construção e todos os anos ocorrem pelo menos 60.000 acidentes fatais em canteiros de obras de todo o mundo, acarretando numa estimativa de um acidente fatal a cada dez minutos. Além disso, os trabalhadores da construção têm três vezes mais probabilidades de sofrer acidentes fatais e duas vezes mais probabilidades de sofrer ferimentos, do que os trabalhadores de outras áreas (Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho, 2003). “ – Fonte: [13].

Como é compreensível os acidentes de trabalho na construção causam muitas tragédias humanas, interrompem o processo construtivo, desmotivam os trabalhadores, atrasam o desenvolvimento da obra, afetam os custos, a produtividade e a reputação da empresa e da indústria da construção.

4.2. LEVANTAMENTO DOS RISCOS POR TAREFA

O levantamento e avaliação dos riscos é um processo que permite identificar os perigos - situações que podem originar danos à saúde; avaliar a probabilidade de ocorrência de um acidente devido a esse perigo, e avaliar as suas possíveis consequências. Com base nos níveis de risco (o risco é a conjugação da probabilidade de ocorrência do acidente e a avaliação das suas consequências espectáveis) devem ser propostas medidas que permitam minimizar e/ou controlar os riscos avaliados. Os riscos específicos, relativamente a certos agentes físicos, químicos e biológicos devem ser analisados e quantificados de acordo com o estipulado em legislação própria para este fim, com equipamento e metodologias muito específicas, pelo que têm de ser efetuados por técnicos especializados. Contudo, este trabalho pretende apenas identificar um conjunto de riscos específicos associados a um determinado desvio no decorrer normal dos trabalhos, assim como medidas preventivas que poderão ser implementadas no jogo desenvolvido e que se mencionarão posteriormente.

4.3. RISCOS E MEDIDAS DE PREVENÇÃO

A seguinte listagem de riscos e medidas de prevenção foi obtida através da análise e recolha de informação através de [21] e [29].

4.3.1. MOVIMENTAÇÃO MANUAL DE CARGAS

Perigos mais frequentes:

- Queda de pessoas;
- Queda de objetos em manipulação;
- Choque ou pancadas por objetos imóveis;
- Pancadas e cortes com objetos ou ferramentas;
- Projeção de fragmentos ou partículas;
- Sobre esforços ou posturas inadequadas;
- Entaladela.

Causas principais:

- Desarrumação dos locais de armazenamento e de trabalho;
- Falta de capacidade física;
- Períodos de repouso insuficientes;
- Trabalho desorganizado (atravancamento de locais de passagem, grandes distâncias de elevação ou transporte, ...);
- Trabalhadores sem formação e desconhecimento dos riscos.

Medidas de prevenção aconselhadas:

- Devem ser adotadas as medidas de organização do trabalho adequadas ou utilizados os meios apropriados, nomeadamente equipamentos mecânicos, de modo a evitar a movimentação manual de cargas pelos trabalhadores;
- Sempre que não seja possível evitar a movimentação manual, o empregador deve adotar medidas que atenuem a penosidade do trabalho e evitem os riscos, nomeadamente, os trajetos efetuados com cargas devem ser os mais curtos possíveis;
- O empregador deve facultar períodos de descanso fisiológico que permitam a recuperação do trabalhador;

- O empregador deve facultar aos trabalhadores expostos, formação e informação sobre os riscos potenciais para a saúde derivados da incorreta movimentação manual de cargas bem como acerca da forma correta de movimentação;
- O empregador deve assegurar que os locais onde se movimentam cargas tem espaço livre suficiente, piso regular e não escorregadio e temperatura, humidade e ventilação de ar adequadas, de forma a não colocar os trabalhadores em situações de risco;
- Os trabalhadores devem utilizar luvas de proteção mecânica em algodão ou poliéster com cobertura em látex rugoso, porque permitem um melhor agarrar que as de pele e calçado de proteção mecânica;
- Quando as cargas são movimentadas por dois trabalhadores, um deles deve dirigir as manobras.

Transporte da Carga:

- Deve transportar a carga mantendo o corpo direito e em equilíbrio;
- Deve agarrar a carga de forma simétrica;
- Deve chegar a carga ao corpo;
- Deve transportar a carga com os braços estendidos, em tração simples. Devem sustentar a carga e não levantá-la;
- Deve transportar a carga numa posição que não dificulte a visão nem o andar;
- Deve colocar as mãos corretamente, usando as palmas das mãos e a base dos dedos, para que a superfície de contacto com a carga seja a maior possível.

Cargas Especiais (devido à forma ou volume):

- Para colocar um bidão (ou garrafa de gás) na posição vertical, deve colocar-se junto ao topo superior do bidão, com os pés afastados; um ligeiramente à frente do outro, abaixar-se fletindo os joelhos (até ficar na posição de “sentado”), agarrar o topo fortemente, com ambas as mãos e elevar-se mantendo as costas direitas e exercendo a força com as pernas;
- Para transportar um tubo, deve colocá-lo na vertical (utilizando a técnica descrita no item anterior) e pousá-lo sobre o ombro. Este tipo de carga deve ser transportado ao ombro, inclinado para cima e com a frente mais alta, de forma a não embater na cara de quem circula;
- As escadas de mão e os escadotes também devem ser transportados ao ombro, inclinados, com a frente mais alta.

4.3.2. ESCADAS DE MÃO E ESCADOTES

Escadas – instruções básicas:

- Uma escada só deve ser subida por um indivíduo de cada vez;
- Uma escada deve ser colocada e fixada num local resistente;
- As escadas devem ser fixadas ao topo;
- O operário deve ter sempre uma mão livre enquanto sobe uma escada;
- O operário não deve carregar muitos utensílios quando sobe as escadas.

Segurar escadas:

- As escadas que deslizam quando são usadas são a causa de mais de 50% de acidentes com escadas;
- Nunca se põe um calço como apoio das pernas da escada;
- Em vez disso deve tentar nivelar o terreno de apoio ou enterrar uma das pernas da escada;
- Nunca apoie a escada usando o primeiro degrau;

- Coloque o topo da escada contra uma superfície sólida e estável;
- Deve amarrar a escada no topo enquanto alguém a segura em baixo.

Subir escadas:

- Esteja sempre voltado de frente para a escada enquanto subir ou descer;
- Quando sobe escadas, carregue as ferramentas com cuidado e mantenha sempre uma mão livre;
- A escada deve ultrapassar pelo menos um metro a superfície aonde encosta o topo;
- A área à volta da escada deve estar livre de ferramentas ou doutro tipo de materiais;
- Certifique-se que tem os sapatos sem gordura ou sem lama antes de começar a subir as escadas;
- Quando está a trabalhar numa escada o tipo de movimentos que pode fazer é restrito;
- Evite realizar tarefas quando está em cima das escadas.

Escadas extensíveis:

- Quando utilizar uma escada extensível deve sobrepor os ramos adjacentes num comprimento que tenha pelo menos dois graus da escada;
- Deverão ser três degraus quando a altura da escada for superior a 3 metros;
- Verifique que a escada está colocada com inclinação segura que é cerca de 75 graus e que corresponde a 1m na horizontal por 4m de altura;
- Ao mudar a altura das escadas verifique que os mecanismos de segurança da regulação da altura estão a funcionar adequadamente.

Manutenção das escadas:

- Não deixe as escadas no chão ou expostas à chuva;
- Não pendure as escadas utilizando os degraus;
- Deve proteger as escadas de substâncias que possam provocar corrosão;
- Inspeccione as escadas antes de cada utilização.

Perigos mais frequentes:

- Queda de pessoas;
- Queda de objetos por desabamento ou desmoronamento;
- Choque de objetos em manipulação;
- Choque de objetos desprendidos;
- Contactos elétricos.

Causas principais:

- Utilizar escadas ou escadotes defeituosos;
- Utilizar escadas ou escadotes de má qualidade;
- Utilizar inadequadamente as escadas ou escadotes (escadotes mal abertos, escadas mal estabilizadas, mal apoiadas, mal travadas ou colocadas em locais de circulação);
- Subir ou descer escadas ou escadotes com as mãos ocupadas ou com o corpo em desequilíbrio;
- Não delimitar e sinalizar a área de trabalho em torno da base da escada ou escadote.

Medidas de prevenção aconselhadas:

- O transporte manual de escadas ou escadotes por um só trabalhador deve ser efetuado;
 - Só se a escadas ou escadote tiver peso inferior a 30 kg;
 - Ao ombro com a parte da frente acima da cintura;
 - Sem a bascular nem mudar bruscamente a direção;
 - Com os escadotes fechados.

- O transporte manual de escadas ou escadotes por dois trabalhadores deve ser efetuado:
 - Com as escadas extensíveis recolhidas e amarradas;
 - Com as cordas (das escadas extensíveis) sem arrastar pelo chão;
 - Com os escadotes fechados.
- As escadas não devem ser utilizadas como estrados em plataformas de trabalho, andaimes, passadiços ou como padiola para transportar materiais;
- Deve ser rigorosamente proibido o uso de escadotes como cavaletes para formar plataformas de trabalho;
- As escadas e escadotes de madeira devem ter montantes formados por uma única peça, sem defeitos ou nos que possam perigar a sua segurança e os degraus devem ser entalhados;
- As escadas e escadotes de alumínio devem possuir certificado de conformidade;
- Deve subir ou descer a escada com ambas as mãos livres e de frente para ela, usando a regra dos três pontos de apoio: uma mão mais dois pés ou duas mãos mais um pé;
- As escadas devem ultrapassar em um metro o ponto de apoio superior (± 5 degraus);
- O apoio inferior da escada deve ser antiderrapante ou, alternativamente, terá de ser eficazmente travado. Só devem ser utilizadas em pavimento estável e firme (só deve utilizar em solos inclinados com acessórios especiais que permitam posicionar a escada corretamente);
- Não deve apoiar escadas ou escadotes sobre caixas, bidões ou pranchas;
- O apoio superior da escada deve ser amarrado de modo a evitar o seu deslizamento lateral;
- Quando trabalhar sobre uma escada deve deixar, no mínimo, quatro degraus por cima do degrau em que colocar os pés;
- Deve trabalhar de frente para a escada e segurando-se com uma mão. Se isto não for possível, ou se estiver a uma altura superior a 2 metros, deve usar arnês anti quedas amarrado a um ponto que ofereça solidez suficiente (nunca à própria escada);
- Nunca deve permanecer mais de um trabalhador sobre uma escada ou escadote;
- Deve assegurar-se que as peças de travamento dos escadotes têm resistência adequada, estão em bom estado, colocadas a meia altura e impedem o seu fecho intempestivo bem como a abertura para além do ângulo para que foram previstas;
- Os escadotes devem ser sempre utilizados em posição de abertura máxima;
- A altura dos escadotes não deve ser superior a 3m;
- Nunca se deve utilizar o último degrau (no topo) dos escadotes;
- As escadas de mão e escadotes não devem ser colocadas junto a redes ou equipamentos elétricos desprotegidos;
- As escadas e escadotes que apresentem degraus partidos ou deformações devem ser, de imediato, colocados fora de serviço e substituídos por outros;
- Quando não estão em uso, as escadas e escadotes devem ser arrumadas em local protegido do sol e da chuva, penduradas na parede e na posição horizontal. Não se devem nunca deixar tombadas no solo.

4.3.3. ANDAIMES

Um andaime deve:

- Ter resistência adequada para suportar os trabalhadores, os trabalhos e os materiais;
- Estar firmemente fixado à estrutura e apoiado ao solo;
- Ser estável;
- Ter guardas de segurança de modo a prevenir quedas de materiais e operários;
- A montagem e desmontagem de andaimes deve ser fiscalizada;
- Só trabalhadores competentes e experientes devem montar, modificar e desmontar o andaime.

Ancoragens:

- Os andaimes devem ser fixados à estrutura aonde se vai trabalhar de modo a evitar deslocamentos horizontais. No entanto, o andaime não depende da estrutura onde se trabalha e deve estável sem depender da estrutura.

Prumos:

- Os prumos devem ser mantidos distância igual e firmemente apoiados no solo;
- A base deve assentar em tábuas de madeira;
- As tábuas de madeira devem ter uma base de apoio maior de modo a que o peso fique mais distribuído;
- Não se deve usar materiais para apoiar os prumos que possam partir, rachar ou sair do sítio.

Contraventamentos:

- Os contraventamentos longitudinais horizontais são fixados aos prumos;
- Os contraventamentos transversais horizontais são fixados em ângulos retos relativamente aos longitudinais e colocados no topo destes;
- Os contraventamentos diagonais impedem o andaime de se movimentar como um conjunto e servem para tornar a estrutura rígida;
- Devem ser colocados na diagonal entre os prumos ou entre os contraventamentos longitudinais;
- Podem ser colocados também em zigzag.

Espaçamento entre apoios das tábuas:

- As tábuas das plataformas não devem ceder a meio. Devem ser apoiadas a meio com um terceiro apoio se for necessário;
- Se a tabua passa muito além do apoio há o perigo das tabuas partirem;
- Nenhuma tábua deve estar em consola mais de 4 vezes a espessura;
- Lembre-se que as tabuas mal colocadas fazem aumentar o risco de quedas. Se a tábua não estiver bem assente poderá escorregar;
- As tabuas devem estar para lá dos apoios entre 5 a 15 cm.

Plataformas de trabalho:

- As plataformas de trabalho devem estar horizontais e bem apoiadas;
- As larguras recomendadas para as plataformas são:
 - Superior a 60 cm se forem utilizadas como passagem de trabalhadores;
 - Superior a 80 cm se forem usadas para passagem de trabalhadores e de material;
 - Superior a 1,1 m quando forem usados como apoio de outra plataforma.

Passadiços:

- Sempre que possível os passadiços devem ser horizontais;
- Uma inclinação superior a 20 graus é considerada perigosa, especialmente em dias de chuva ou com condições atmosféricas húmidas;
- Um passadiço com uma inclinação superior a 20 graus deve ter ripas de madeira transversais no piso deixando um espaço a meio de modo a poderem circular carrinhos de mão.

Guarda corpos e guarda pés:

- Os guarda corpos impedem a queda de trabalhadores das plataformas e os guarda pés servem para impedir a queda de ferramentas;
- Estas proteções devem ser colocadas quando a altura for superior a 2 metros;
- Os guarda corpos devem ser fixados aos prumos do andaime;
- Os guarda corpos e as fixações devem ter resistência para suportar o impulso horizontal que resulta da queda eventual do trabalhador.

4.3.4. ANDAIMES MÓVEIS

- Os acidentes com andaimes moveis acontecem quando:
 - As plataformas mais altas do andaime têm excesso de carga;
 - Uma escada provisoria é colocada na plataforma superior para elevar o alcance do andaime;
 - As rodas da plataforma não estão devidamente travadas quando a base do andaime está numa superfície inclinada;
 - O andaime muda de posição com operários nas plataformas;
 - As escadas de acesso devem estar no interior do andaime.

Conselhos básicos:

- A razão entre a altura e a largura do andaime móvel não deve exceder 4 para 1;
- As rodas do andaime devem ter diâmetro superior a 15cm. As rodas dos andaimes devem estar separadas por menos de 1,2 m;
- Os andaimes moveis devem estar longe de fios elétricos.

Andaimes suspensos:

- Os andaimes suspensos são usados quando é impossível ou inconveniente a construção de andaimes apoiados no chão;
- O acesso às plataformas é limitado sendo feito através de cordas ou doutros meios com maior risco;
- Entrar ou sair das plataformas são tarefas feitas com cuidado.

4.3.5. VEÍCULOS

Erros frequentes:

- Má marcação dos caminhos por onde passam os veículos;
- Má manutenção dos caminhos e acumulação de lixo e de ferramentas;
- Ausência ou insuficiência da manutenção dos veículos;

- Má sinalização dos locais em que é preciso ter um cuidado redobrado com a segurança devido a escavações e fios elétricos;
- Veículos que têm o peso da carga mal distribuído ou que levam carga a mais;
- Má condução incluindo manobras à retaguarda sem que o condutor olhe pelo espelho retrovisor;
- Falta de auxiliar de manobras para fiscalizar as áreas onde o manobrador não vê o caminho.

Precauções com segurança:

- Certifique-se que os manobreadores dos veículos têm treino específico e uma licença válida para esse veículo;
- Todos os caminhos dentro da obra devem estar o mais nivelados possível, devidamente assinalados e livres de lixo;
- Sempre que possível os caminhos devem ser de sentido único;
- Os limites de velocidade devem estar devidamente assinalados;
- Os condutores não devem transportar passageiros não autorizados;
- Mantenha o veículo e o chão do veículo o mais limpos possível, para evitar obstrução ou deslocação de ferramentas para debaixo dos pedais ou controlos;
- Os veículos sem condutor devem ter sempre o motor desligado;
- A manutenção do veículo deve ser periódica e documentada numa ficha;
- Os manobreadores de veículos que vão levantar cargas líquidas poderão derramar ou salpicar devem usar equipamento extra de proteção;
- Se há trabalhos a decorrer perto das zonas de circulação de veículos estes trabalhos devem estar devidamente assinalados.

Cabos elétricos:

- Junto aos cabos elétricos suspensos devem ser colocadas barreiras de segurança. Deste modo, os condutores podem aperceber-se que existem cabos elétricos e baixar o material ou mudar o percurso caso os veículos sejam demasiado altos.

Capotar:

- As curvas devem ser efetuadas a baixa velocidade;
- As travagens bruscas devem ser evitadas porque podem causar a instabilidade do veículo e podem capotar;
- Os camiões com báscula devem baixar a báscula antes de arrancar;
- Se está a conduzir um veículo que vai capotar mantenha-se dentro da cabine e não tente saltar;
- Se um camião ou grua têm apoios laterais para aumentar a estabilidade do movimento da báscula estes devem ser usados para evitar capotar.

Carga:

- Quando se transporta material que está fora da caixa do camião deve ser colocada uma bandeira vermelha ou amarela na extremidade da carga. A carga deve ser colocada de modo a ter uma distribuição adequada do peso. Caso contrário o camião pode capotar ou ocasionar a queda da carga. Lembre-se que lesões nas pernas e nos pés são frequentes nas cargas e descargas e deve-se usar calçado apropriado e dar formação aos trabalhadores.

4.3.6. ESCAVAÇÕES

Causas principais dos acidentes:

- Trabalhadores que caem na escavação;
- Trabalhadores que ficam enterrados ou presos pelo desabamento de paredes da vala;
- Objetos que caem nas valas e atingem os trabalhadores;
- Camiões e outros veículos que se aproximam do limite da escavação e que podem provocar desabamentos;
- Falta de escoamento das águas;
- Asfixia causada pela acumulação de gases nocivos na parte mais baixa da vala.

Barreiras/guardas/entivação:

- Construa guardas junto à escavação suficientemente altas de modo a evitar quedas (1 metro ou mais de altura);
- A entivação deve ser colocada a partir de 1,2 m de profundidade em solos ou areias.

Edifícios construções adjacentes:

- Deve tomar precaução para não desestabilizar as construções ao lado;
- Deve-se manter uma distância adequada entre a escavação e os edifícios ao lado devem ser usados escoramentos das estruturas vizinhas sempre que necessário.

Movimentação de veículos:

- Os veículos e os equipamentos moveis junto da escavação devem ser afastados do limite da escavação usando blocos ou barreiras.

Cabos e tubos enterrados:

- Antes de iniciar uma escavação determine a posição dos cabos e tubos que estejam enterrados utilizando os desenhos e registos;
- Marque a posição dos e tubos e cabos usando tinta ou cal;
- Evite o uso de ferramentas mecânicas e de escavadoras a pelo menos 5 metros de tubos de gás;
- Se cheirar a gás mantenha as pessoas, os cigarros, os veículos e outras fontes possíveis de fazer faíscas longe da área e avise as autoridades;
- Assegure-se que os cabos e os tubos não são utilizados como escadas. Quando encher a vala verifique por baixo dos tubos ou cabos de modo a garantir que estes não foram danificados pelo peso.

4.3.7. ELEVAÇÃO

O uso seguro das gruas ou guindastes está relacionado com:

- A utilização de pessoal qualificado incluindo os ajudantes de terra (sinaleiros);
- A indicação correta dos limites da carga como peso, tamanho e tipo de carga;
- A indicação do raio de rotação da lança da grua;
- A montagem e desmontagem ser feita por pessoal especializado e supervisionada por técnico experiente.

Medidas de prevenção:

- Assegurar que é uma pessoa experiente que avalia o peso da carga;
- Movimentar a carga lentamente. O cabo pode partir se houver uma travagem brusca;

- As cargas devem estar sempre suspensas na vertical;
- As gruas devem ser inspecionadas frequentemente com atenção aos cabos, ligações e equipamentos de segurança;
- Os cabos e ganchos devem indicar quais as cargas máximas;
- Os sinaleiros devem ser usados sempre que o manobrador/gruista perca o controlo visual da carga;
- Todas as gruas devem ter ganchos com fechos de segurança;
- Os cabos elétricos de alta tensão devem estar a uma distancia suficiente;
- As escadas de acesso devem ser desimpedias de obstáculos;
- Não subir ou descer na grua sempre que esta esteja em movimento.

Elevação de cargas:

- As cargas devem estar bem seguras de modo a prevenir que caiam ou escorreguem durante a movimentação;
- Use vários cabos para prender a carga e fixe-a em dois locais pelo menos.

Distribuição do peso:

- As cargas que estão suspensas numa grua devem estar sempre perpendiculares ao chão;
- Nunca se deve puxar uma carga de modo a desvia-la da posição vertical uma vez que pode causar desequilíbrio da grua e poderá levar a grua a cair devido à instabilidade global.

Oscilação de cargas:

- A oscilação de cargas pode ser causada pela elevação de materiais que estão a ser transportados fora da posição vertical. Nesta ilustração pode ver-se bem que uma elevação deste tipo pode causar sérios danos tanto ao edifício como à grua.

Gancho de segurança:

- As gruas devem ser equipadas com um gancho com segurança que serve para evitar que a carga caia ou salte fora do gancho quando embater acidentalmente num obstáculo.

Aparelhos básicos de elevação:

- Roldana: Aparelho de elevação básico, de tração humana, composto por uma roldana, suspensa de um tripé ou poleia, pela qual passa a corda de tração. A carga prende a um gancho colocado numa das pontas da corda, sendo a força humana aplicada sobre a outra ponta;
- Cadernal: Aparelho de elevação composto por dois grupos de roldanas (cada grupo pode ter mais que uma roldana), montadas sobre o mesmo eixo, um fixo e outro móvel, de tração humana. É suspenso de uma poleia; a corda ou corrente de tração atravessa todas as roldanas. A carga prende a um gancho colocado numa das pontas da corda ou cadeia, sendo a força humana aplicada sobre a outra ponta. Consegue, com a mesma força, elevar cargas mais pesadas que uma simples roldana;
- Guincho Elétrico: Aparelho de elevação, de tração por motor elétrico, com ou sem caixa redutora, composto por um tambor onde enrola o cabo de aço, usualmente suspenso de uma poleia, equilibrada por um contrapeso. A carga prende a um gancho colocado numa ponta do cabo;
- Cabrestante: O mesmo que guincho elétrico.

Perigos mais frequentes:

- Queda de objetos por desabamento ou desmoronamento;

- Queda de objetos por rutura;
- Choque de objetos em manipulação;
- Choque de objetos desprendidos;
- Contactos elétricos.

Causas principais:

- Utilizar aparelhos mal montados (especialmente improvisar contrapesos);
- Utilizar inadequadamente o aparelho (excesso de carga, má distribuição das cargas, cargas mal amarradas, ...);
- Falta de conservação dos componentes;
- Não delimitar a zona de trabalhos por debaixo do aparelho;
- Trabalhadores sem formação e desconhecimento dos riscos.

Medidas de prevenção aconselhadas:

- As cordas devem ter um facto de segurança 10;
- Nos aparelhos de tração humana, quando esta a puxar, o trabalhador não deve enrolar a corda na mão, nem colocar-se por debaixo da carga suspensa;
- Nos aparelhos de tração humana, o trabalhador deve certificar-se que tem força para aguentar o peso da carga, de forma a desce-la suavemente;
- As roldanas devem ter instalado na sua metade superior uma proteção que impeça a corda de sair da gola;
- Todos os ganchos devem ter patilha de segurança;
- Deve ser nomeado um operador para o guincho e não deve ser autorizado a utilização deste por outros trabalhadores;
- O guincho deve dispor de um sistema de travagem que provoque a imobilização do tambor em caso de corte de corrente;
- O guincho deve estar equipado com fins de curso;
- O cabo de elevação deve ser corretamente dimensionado de modo a que, na sua amplitude máxima, fiquem pelo menos duas voltas no tambor;
- O operador deve verificar diariamente o bom estado de funcionamento dos meios de elevação;
- As golas dos tambores e roldanas devem ter dispositivos que impeçam que os cabos se desalojem intempestivamente;
- Os cabos metálicos, cordas ou correntes no armazém, devem ter etiquetas ou outras marcas que indiquem as suas dimensões, o material de que são feitos e a carga máxima que suportam;
- Devem ser rigorosamente seguidas as instruções de fixação do conjunto;
- As poleias devem ser suportadas por contrapesos, de acordo com os planos. Deve ser rigorosamente proibido usar barrotes como poleias, contrapesados por bidões ou sacos de materiais;
- Qualquer anomalia no bom funcionamento do equipamento deverá ser de imediato comunicada ao encarregado da obra.

4.3.8. ERGONOMIA

Trabalho e saúde:

- Se escolher as posições melhores a adotar numa tarefa poderá estar a prevenir cansaço excessivo e a evitar situações de stress;
- Por exemplo, pense nos seus músculos. Quando trabalha em movimento os músculos contraem e relaxam e quando trabalha parado os músculos mantêm-se contraídos. Neste último caso, é mais fácil para um trabalhador atingir uma situação de cansaço;

Levantar e carregar pesos – equipamento de transporte:

- Coloque a carga em carrinhos com rodas para transportar material;
- Use equipamento de elevação mecânico sempre que possa;
- Verifique se existem obstáculos no caminho a percorrer antes de carregar objetos volumosos;
- Remova objetos soltos na carga antes de a carregar;
- Não eleve a carga mais alto do que o necessário;
- Evite desempenhar tarefas para as quais não tenha capacidade física suficiente;
- Verifique o peso da carga antes de a tentar levantar;
- Se necessário peça ajuda.

O carregamento e levantamento de cargas é uma técnica que requer atenção e treino. Siga as recomendações seguintes:

- Aproxime-se da carga mantendo os pés afastados;
- Dobre os joelhos e mantenha as costas o mais direitas possível;
- Lentamente vá endireitando as pernas mantendo as costas o mais direitas possível;
- Certifique-se que a carga não tapa o caminho que tem de percorrer;
- Quando estiver com a carga em mãos evite torcer a coluna usando o corpo como um todo mexendo os pés.

4.3.9. GRUA MÓVEL E GRUA TORRE

Perigos mais frequentes:

- Queda de pessoas;
- Queda de objetos em manipulação;
- Choques ou pancadas por objetos móveis;
- Entaladela ou esmagamento por ou entre objetos;
- Entaladela por capotamento de máquinas;
- Atropelamento ou choque de veículos;
- Contactos elétricos.

Causas principais:

- Utilizar máquinas ou acessórios defeituosos;
- Não estabilizar e nivelar devidamente a máquina;
- Utilizar inadequadamente as gruas (para arremessar ou arrancar objetos, cargas mal estivadas ou mal amarradas, ...);
- Elevar pessoas (exceto se a elevação for efetuada em barquinha certificada, com as condições de segurança garantidas);
- Trabalhar em condições atmosféricas adversas (vento ou chuva intensa);

- Ultrapassar os limites de carga da máquina;
- Conduzir ou manobrar sem prudência;
- Não avaliar corretamente a altura das linhas elétricas aéreas;
- Efetuar a manutenção ou reparação com a máquina ligada;
- Trabalhadores sem formação e desconhecimento dos riscos.

Medidas de prevenção aconselhadas:

- Os manobreadores devem ter formação adequada e ser sujeitos a exames médicos específicos e adequados, na admissão e anualmente;
- Antes de iniciar o trabalho, deve verificar o correto funcionamento de todos os órgãos de segurança, nomeadamente: travões, sistema hidráulico, faróis, aviso sonoro de marcha atrás e rotativo amarelo;
- Deve proceder semanalmente, ou sempre que a sujidade impeça a normal perceção dos sinais de aviso, à limpeza dos vidros da cabina, luzes, refletores e matrícula;
- Deve verificar semanalmente a pressão dos pneus, de acordo com as indicações do fabricante;
- O manobreador deve verificar diariamente o bom estado de funcionamento dos meios de elevação quanto a deformações ou fios partidos e a patilha de segurança dos ganchos;
- Deve ser proibida a colagem de autocolantes que retirem visibilidade ao manobreador;
- O manobreador deve garantir a não aproximação de pessoas ao raio de ação da máquina, utilizando a buzina como sinal de alerta;
- O manobreador deve certificar-se que o terreno tem consistência para aguentar a pressão dos estabilizadores durante as manobras. As manobras devem ser imediatamente suspensas se algum dos apoios se começar a afundar;
- A estabilização e nivelamento da máquina deve ser efetuada evitando as irregularidades do terreno, se necessário, as irregularidades devem ser niveladas antes de se iniciar o posicionamento da máquina e mantendo a horizontalidade da máquina, os macacos devem ser descidos até que os pneus fiquem sem contacto com o solo;
- A circulação da máquina deve ser efetuada com prudência, sem exceder a velocidade máxima permitida e com a cabina virada no sentido do deslocamento;
- A movimentação segura das cargas exige o conhecimento prévio do seu peso;
- Todas as operações de elevação devem ser realizadas de acordo com o diagrama de cargas do equipamento;
- O manobreador não deve perder o contacto visual com a carga que está a içar;
- Quando necessário, devem ser delimitados e sinalizados os percursos das cargas suspensas;
- Os cabos de aço devem ser fixados por meio de dispositivos que impeçam o seu deslizamento e/ou desgaste;
- Deve ser evitado o arrastamento dos cabos pelo solo ou por cima de objetos ásperos ou duros;
- Cada acessório deve ostentar as seguintes marcas: identificação do fabricante (ou fornecedor instalado na CE), indicação da carga máxima de utilização;
- O trabalho deve ser organizado de forma a evitar que as cargas suspensas passem por cima das instalações de apoio ou de outros locais com elevada concentração de trabalhadores;
- Não deve estacionar em rampas ou a menos de 1m dos bordos de valas ou taludes. Antes de abandonar o veículo deve assegurar-se da sua perfeita imobilização;
- Os trapos e desperdício sujos de óleo e materiais combustíveis não devem ser guardados na cabina. Deve ser colocado, na cabina, um extintor de pó químico polivalente de 2kg de capacidade;
- Deve ser rigorosamente proibido efetuar reparações ou manutenção com o motor em funcionamento;

- Não deve operar a máquina em situação de avaria ou semi-avaria. Quando a avaria é detetada, o trabalho deverá ser imediatamente suspenso até que a máquina seja reparada;
- Os caminhos internos da obra devem ser conservados transitáveis, a fim de evitar balanços excessivos;
- Os deslocamentos junto de valas ou taludes devem ser efetuados a uma distância mínima de dois metros do bordo;
- A grua não deve circular com carga suspensa, se tal for absolutamente necessário, o manobrador deve reconhecer previamente o circuito, verificando se a consistência do terreno é adequada, desníveis, proximidade de linhas elétricas aéreas ou outros obstáculos. Deve circular com a carga mais baixa possível e atento aos balanços da carga. No caso da carga tomar balanço descontrolado, deve suspender a circulação até estabilizar a carga;
- Qualquer anomalia no bom funcionamento da máquina deve ser de imediato comunicada ao encarregado da obra.

4.3.10. SUBSTÂNCIAS E PREPARAÇÕES PERIGOSAS

Perigos mais frequentes:

- Exposição a substâncias nocivas ou tóxicas;
- Contacto com substâncias causticas ou corrosivas;
- Explosão;
- Incêndio.

Causas principais:

- Utilizar substâncias e preparações perigosas, sem previamente ler as instruções que constam da Ficha de Segurança do Produto (ou no mínimo, ler os rótulos e etiquetas da embalagem);
- Fumar ou ingerir alimentos nos locais onde se manipulam substâncias e preparações perigosas;
- Utilizar recipientes em mau estado;
- Utilizar recipientes impróprios e sem etiquetagem adequada;
- Trabalhadores sem formação e desconhecimento dos riscos.

Medidas de prevenção aconselhadas:

- Antes de iniciar o trabalho com uma substância desconhecida, deve ler atentamente a etiqueta da embalagem. Se surgirem dúvidas, devem ser esclarecidas com o encarregado ou o diretor de obra;
- Somente devem ser usados produtos devidamente embalados e etiquetados. Se for necessário vazar a substância para outro recipiente, este deve ser apropriado (nunca deverá usar recipientes de bebidas ou outros suscetíveis de induzir em erros) e devidamente etiquetado;
- Deve verificar o bom estado dos recipientes a fim de evitar as fugas, antes de iniciar a manipulação de substâncias ou preparações perigosas;
- Devem existir no estaleiro, para consulta, as Fichas de Segurança das substâncias e preparações utilizadas. As fichas devem ser datadas e conter obrigatoriamente os seguintes dados:
 - Identificação da preparação e da sociedade /empresa;
 - Composição/informação sobre os componentes;
 - Identificação dos perigos;
 - Primeiros socorros;
 - Medidas de combate a incêndios;
 - Medida a tomar em caso de fugas acidentais;

- Manuseamento e armazenagem;
 - Controlo da exposição/proteção individual;
 - Propriedades físicas e químicas;
 - Estabilidade e reatividade;
 - Informação toxicológica;
 - Informação ecológica;
 - Questões relativas à eliminação;
 - Informações relativas ao transporte;
 - Informações sobre regulamentação.
-
- Deve ser rigorosamente proibido, fumar ou ingerir alimentos durante a manipulação de substâncias ou preparações perigosas;
 - Deve evitar (procurando uma posição de trabalho adequada) a inalação dos vapores produzidos durante a manipulação de solventes;
 - Deve evitar o contacto de solventes com a pele. Não deve utilizar solventes para lavar as mãos ou outra parte do corpo;
 - Os solventes não devem ser utilizados em locais fechados e mal ventilados ou perto de chamas ou fontes de calor;
 - Os trapos e desperdícios bem como os resíduos resultantes da utilização de solventes devem ser depositados em recipientes fechados e estanques. Esses recipientes não devem ser deixados ao sol ou junto de fontes de calor ou chama;
 - A armazenagem de substâncias ou preparações perigosas deve ser efetuada em locais com as condições indicadas, nomeadamente a humidade, a temperatura e a luminosidade devem estar de acordo com a informação constante do rótulo;
 - Quando vazias as garrafas de gás devem ser etiquetadas ou marcadas e armazenadas em posição vertical (se necessário deverão ser amarradas para impedir que caiam);
 - Deve manter todas as fontes de ignição (fósforos, cigarros, motores elétricos...) longe dos líquidos inflamáveis;
 - Ao transferir materiais inflamáveis (reabastecimento de uma máquina, por exemplo) deve efetuar as ligações à terra para equipotencializar as partes metálicas do reservatório e do recetor, a fim de evitar incêndios devidos à libertação de eletricidade estática;
 - Os materiais oxidantes devem ser armazenados afastados de materiais inflamáveis;
 - Devem ser rigorosamente respeitadas as regras de higiene pessoal, nomeadamente, lavar as mãos antes de comer, tratar e proteger imediatamente toda e qualquer ferida e, no final do trabalho, despir o vestuário usado.

4.3.11. INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Perigos mais frequentes:

- Contactos elétricos;
- Incêndio;
- Explosões;

Causas principais:

- Instalações provisórias e expostas a intempéries;
- Reutilizar material elétrico em mau estado;
- Utilizar circuitos ou equipamentos defeituosos;

- Efetuar a manutenção ou reparação com as instalações ou circuitos ligados;
- Efetuar reparações provisórias em instalações ou equipamentos;
- Anular os equipamentos de proteção (nomeadamente os disjuntores diferenciais);
- Posicionar cabos no chão, em locais de acesso e circulação, suscetíveis de provocar tropeções de pessoas e/ou desgastar o isolamento dos mesmos;
- Trabalhadores sem formação e desconhecimento dos riscos.

Medidas de prevenção aconselhadas:

- Todos os cabos devem possuir as características adequadas (especialmente a secção) à carga a alimentar e ao local onde estão inseridos. As proteções devem ser montadas tendo em conta o critério de seletividade;
- Deve ser instalada uma rede de terra com resistência máxima de 10 ohm;
- Deve-se garantir que todas as massas metálicas (os carris da grua, por exemplo) e todos os equipamentos e ferramentas são ligados à terra (com exceção dos dotados de duplo isolamento);
- Deve ser rigorosamente proibido interromper qualquer ligação à terra, ou utilizar máquina que necessitem de ligação à terra, com fichas ou tomadas que não possuam essa ligação;
- Os cabos de alimentação das máquinas devem ser montados afastados das escadas, portas e locais de passagem onde possam ser pisados por máquinas ou pessoas;
- Todas as saídas dos quadros devem estar protegidas por disjuntores térmicos e diferenciais de 30 mA;
- Deve ser verificado, semanalmente, o funcionamento dos disjuntores diferenciais e o bom estado dos cabos elétricos;
- Os quadros devem estar protegidos contra a entrada do pó (e água) e, possuírem porta com chave;
- Os pimenteiros (quadros móveis) devem ser colocados a distâncias superiores a dois metros dos bordos de taludes ou valas;
- Os pimenteiros não devem ser colocados muito próximos dos bordos das lajes;
- Deve ser competência exclusiva de eletricitistas devidamente habilitados a montagem, modificação, e manutenção do bom estado de funcionamento da instalação elétrica, assim como o acesso a postos de transformação e cabinas elétricas;
- Deve ser rigorosamente proibida a utilização de arame e fio como elemento fusível. Devem ser usados fusíveis normalizados e de calibre adequado;
- Devem ser devidamente instruídos e treinados alguns trabalhadores do estaleiro (encarregado e chefes de equipa), para operarem os equipamentos de comando e manobra da instalação. Esses operadores devem comunicar de imediato qualquer mau funcionamento que detetem;
- Devem ser colocados fora de serviço todos os troços de cabo que apresentem defeitos (cortes ou rasgadelas) no isolamento;
- Deve ser rigorosamente proibido efetuar emendas nos condutores flexíveis, mesmo que se proceda ao isolamento da união através de fita isoladora;
- Deve ser rigorosamente proibido efetuar qualquer trabalho sobre circuitos em tensão. Antes de iniciar qualquer reparação, a máquina, equipamento ou circuito deve ser desligado da instalação, sinalizando a saída do quadro com uma placa «DESLIGADO POR MOTIVOS DE TRABALHO. NÃO LIGAR»;
- Na ausência de instruções precisas, todos os equipamentos, instalações e condutores devem ser considerados como estando em tensão;
- Se houver necessidade de enterrar cabos, devem ser convenientemente protegidos e sinalizados;
- Deve ser rigorosamente proibido fazer fogo na proximidade de cabos elétricos;

- Todos os aparelhos de mão para iluminação (gambiaras) devem ser alimentados a tensão reduzida, ter pega isolada e a lâmpada protegida contra choques mecânicos;
- Quando o trabalhador tiver de se ausentar do seu local de trabalho, deve desligar das tomadas, as máquinas ou ferramentas elétricas. Uma máquina nunca deve ser desligada da corrente enquanto estiver em carga;
- Deve ser proibido puxar os cabos de alimentação da corrente elétrica para desligar equipamentos ou ferramentas;
- As fichas e tomadas devem ser compatíveis. Deve ser rigorosamente proibido efetuar ligações (entre fichas e tomadas incompatíveis) com recurso a pequenas cunhas de madeira;
- A tensão deve estar sempre nas tomadas (fichas fêmea) a fim de evitar contactos elétricos diretos;
- Todo e qualquer disparo dos disjuntores diferenciais devem ser comunicados ao eletricista, para averiguar a sua causa;
- Nas tampas dos pimenteiros e dos quadros elétricos devem ser colocados sinais de “Perigo de morte”;
- Deve ser evitado o uso de fichas tripas. Cada saída do pimenteiro ou quadro só deve alimentar um único equipamento ou ferramenta;
- Deve ser rigorosamente proibido utilizar fio de terra (amarelo e verde), em qualquer outra utilização que não seja efetuar ligações à terra de proteção;
- A iluminação não portátil das zonas de trabalho deve ser efetuada com projetores, colocados, no mínimo a 2 metros de altura, em suportes que garantam solidez e estabilidade adequadas.

4.4. ANÁLISE RISCO-DESVIO

Com o levantamento dos riscos e pela análise de [30], procedeu-se à elaboração de uma tabela que se apresenta abaixo e mostra a relação entre o risco e o desvio que ocorre.

Tabela 2 – Risco-Desvio (Fonte: Autor)

ID	Risco	Desvio
1	Atropelamento	Perda de controlo de equipamento de movimentação Movimento do corpo não sujeito a constrangimento físico Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico
2	Choque com	Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico
3	Corte	Movimento do corpo não sujeito a constrangimento físico Perda de controlo de ferramenta manual Perda de controlo de objeto Rutura, rebentamento causando estilhaços - madeira, vidro, metal, pedra, outros
4	Desmoronamento	Transbordo, derrubamento - estado sólido Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - arrastando trabalhador
5	Electrocução	Problemas elétricos
6	Entalamento	Movimento do corpo não sujeito a constrangimento físico Perda de controlo da máquina Perda de controlo de ferramenta manual

		Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - mesmo nível
7	Esmagamento	Perda de controlo de equipamento de movimentação Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - caindo sobre trabalhador Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - arrastando trabalhador Transbordo, derrubamento - estado sólido
8	Inalação de vapores	Geração de fumo, emissão de poeiras, partículas Vaporização, formação de gases - estado gasoso
9	Incêndio	Incêndio
10	Pancada de objeto	Movimento de corpo não sujeito a constrangimento físico Perda de controlo de objeto Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - caindo sobre trabalhador Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - mesmo nível
11	Postura	Movimento do corpo sujeito a constrangimento físico
12	Projeções de partículas	Geração de fumo, emissão de poeiras, partículas Perda de controlo da máquina Perda de controlo de ferramenta manual Rutura, rebentamento causando estilhaços - madeira, vidro, metal, pedra, outros
13	Queda de igual nível	Queda do mesmo nível
14	Queda de nível superior	Queda em altura Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - arrastando trabalhador
15	Queda de objetos	Perda de controlo de objeto Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - caindo sobre trabalhador Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - mesmo nível
16	Riscos elétricos	Problemas elétricos
17	Soterramento	Resvalamento, queda, desmoronamento de agente material - arrastando trabalhador Transbordo, derrubamento - estado sólido

5

FERRAMENTA BIM PARA A SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO

5.1. MOTOR DE JOGO

Um motor de jogo, tem como objetivo tirar o peso inerente ao desenvolvimento de um jogo e ajuda o utilizador/programador a focar-se na ideia que tem para o jogo, tornando o desenvolvimento menos penoso e mais rápido. Existem diferentes tipos de motores de jogo como: Source Engine, Unreal Engine e Unity3D, este último foi o software escolhido para o desenvolvimento do jogo que será abordado mais à frente.

Por forma, a ser verdadeiramente eficaz os motores de jogo, têm motores de gráficos para terem uma performance otimizada e já possuem inúmeros elementos que podem ser utilizados na criação do jogo, sejam: texturas, sons, ou por exemplo objetos.

No caso em concreto foi utilizado o Unity3D, este software possui uma página web que permite a descarga de mais elementos, estes elementos podem ser fornecidos pela comunidade e serem gratuitos, ou podem ser vendidos, o que normalmente acontece com objetos de maior complexidade. Assim que se processa a descarga do elemento (asset), este pode ser adicionado ao jogo que está a ser criado.

O desenvolvimento de um jogo quando combinado com uma criteriosa seleção de assets, efeitos de pós-processamento, criação de terreno, luz, entre outros, faz com que possa ser criado um mundo combinando diferentes elementos de diferentes fontes.

Há a possibilidade de associar som a diferentes atividades e o próprio motor de jogo modifica o volume dependendo da distância a que está a personagem da fonte emissora.

No entanto, a grande valência de um bom motor de jogo passa pela sua capacidade em representar com realismo o meio físico, no sentido de por exemplo, conseguir simular gravidade, força de atrito e choque com outros objetos. É necessário, no caso do Unity3D, adicionar estas características ao objeto por forma a que ele consiga reagir à gravidade ou a movimentado pelo utilizador. Ao objeto são também dadas características como massa, rugosidade, entre outros, para que interaja com o mundo em redor.

Apesar de um motor de jogo não conseguir atingir o aspeto visual de um sistema operativo como o Windows, no caso o Unity3D em vez de ser fornecido uma interface base ao utilizador, espera-se pelo contrário que o utilizador crie as suas próprias interfaces, utilizado diferentes botões, texturas, cores, entre outros. Faz parte por isso da própria lógica por detrás de um motor de jogo, a capacidade do utilizador conseguir criar soluções de maneira intuitiva, para além de que existe uma enorme oferta de conteúdo para o Unity3D sejam os já referidos assets, mas também scripts e tutoriais.

Os scripts são escritos em linguagem de programação por norma: Javascript ou em C# (C-Sharp), servem para criar uma infinidade de processos de interação, alguns motores de jogo já vêm com alguns scripts

pré-concebidos, estes scripts servem por exemplo para fazer com que a personagem do jogo comece o jogo numa determinada posição, para adicionar ou remover câmaras, manipular luzes, desencadear eventos quando o utilizador se aproxima de uma determinada zona. Por vezes pode ser simples ao ponto de adicionar um modelo 3D ao mundo virtual do motor de jogo, designado como uma personagem na terceira pessoa e o motor de jogo tem um script para a personagem se mover, rodar a câmara e fazer com que o mundo virtual reaja à posição do jogador.

Pode ainda ser introduzida uma grande valência aquando do desenvolvimento de um jogo, que é a inteligência artificial. Esta capacidade permite criar uma dimensão diferente pois dá a possibilidade de ter personagens controladas pelo motor de jogo que consoante o seu script, interagem com o jogador ou com o mundo virtual.

5.2. DESCRIÇÃO DO MODELO

Como referido anteriormente foi utilizado o software Unity3D para a criação de um jogo sério. Como modelo base foi utilizado o Bar Verde da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este modelo já se encontra modelado e finalizado em Revit como se pode verificar abaixo.

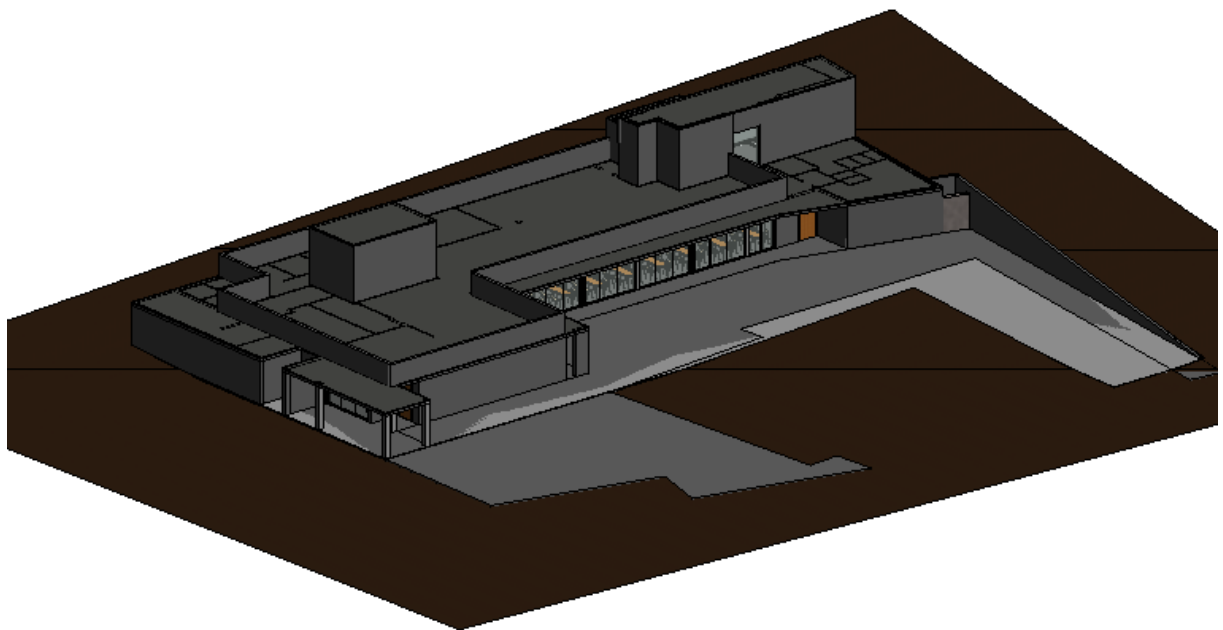


Fig. 14 – Bar Verde modelado em Revit (Fonte: Autor)

Este modelo com formato de ficheiro .rvt não é compatível com o Unity3D por isso foi guardado em formato .fbx por forma a poder ser importado, para o ambiente do Unity. Falta ressaltar que quando se faz a importação de um modelo .fbx apesar de este manter as propriedades dos elementos, estes perdem a textura. Posto isto foi necessário proceder a uma correção das texturas para terem um aspeto semelhante ao real e tornarem a experiência mais imersiva.

Sendo que o jogo sério desenvolvido tem como base uma situação de construção para que possam ser aferidos riscos e colocar equipamentos de segurança foram removidos alguns elementos por forma a dar ao edifício a ideia do seu faseamento construtivo, resultando daí o seguinte modelo da fig.15 já em ambiente Unity.

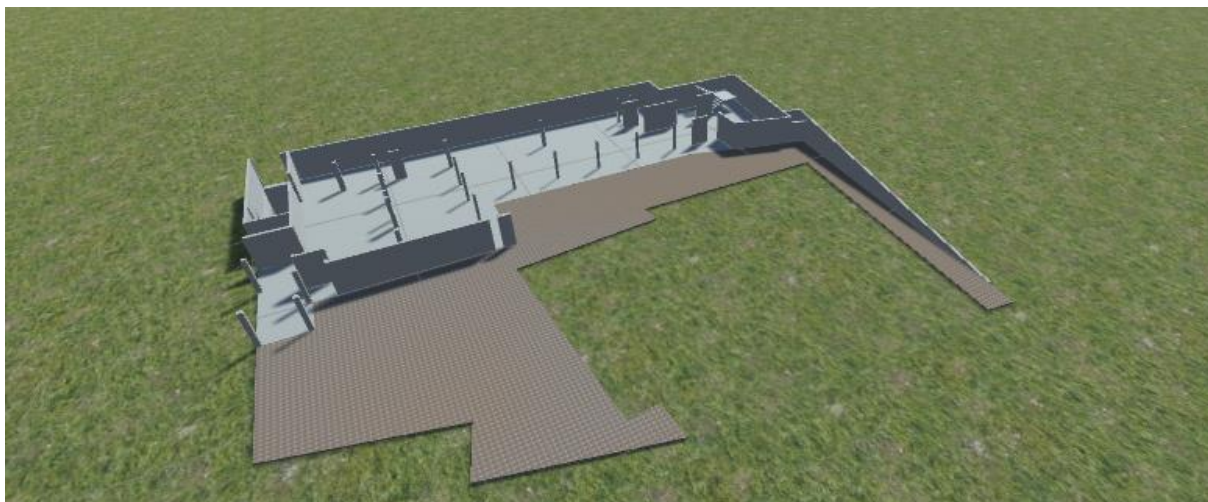


Fig. 15 – Bar Verde em ambiente Unity (Fonte: Autor)

5.3. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

A criação de um jogo sério pretende-se com a possibilidade de ajudar todos os trabalhadores do setor da construção desde a formação até aos elementos responsáveis pelo projeto e segurança na obra.

Desta forma foram acrescentados ao modelo, objetos que são utilizados na construção, pretende-se principalmente provar o conceito de colocação de objetos, nomeadamente equipamentos de segurança em locais que sejam necessários e dessa forma um utilizador pode experimentar diferentes cenários na obra, assim como ser testado sobre os seus conhecimentos sobre segurança.

Foram então recolhidos objetos que fossem naturais à obra e colocados no ambiente virtual, procedeu-se à criação de scripts que estão disponíveis nos anexos deste documento para que o utilizador conseguisse apanhar os objetos, foram escolhidos: um contentor de depósito de resíduos, dois cavaletes, duas tábuas de madeira, um andaime e uma vedação.

Há que referir que nem todos os objetos escolhidos podem ser equipamentos de segurança, no entanto um dos problemas de criar um jogo relacionado com a segurança em Unity passa também pela falta de objetos relacionados com a construção civil, isto porque não existem muitos objetos relacionados com a segurança o que passa necessariamente pela sua modelação, pretendeu-se ainda assim dar uma ideia das possibilidades e da forma a atuar para o desenvolvimento e concretização de um jogo que possa ser usado para a avaliação/certificação de profissionais ligados à construção civil.

Na fig. 16 representada abaixo, é mostrado o resultado após a implementação do script responsável por pegar em objetos. Pretendeu-se que o jogo fosse essencialmente para quem esteja em processo de aprendizagem sobre segurança na construção, para que possa experimentar um diferente conjunto de situações e posicionamento de equipamentos de segurança.

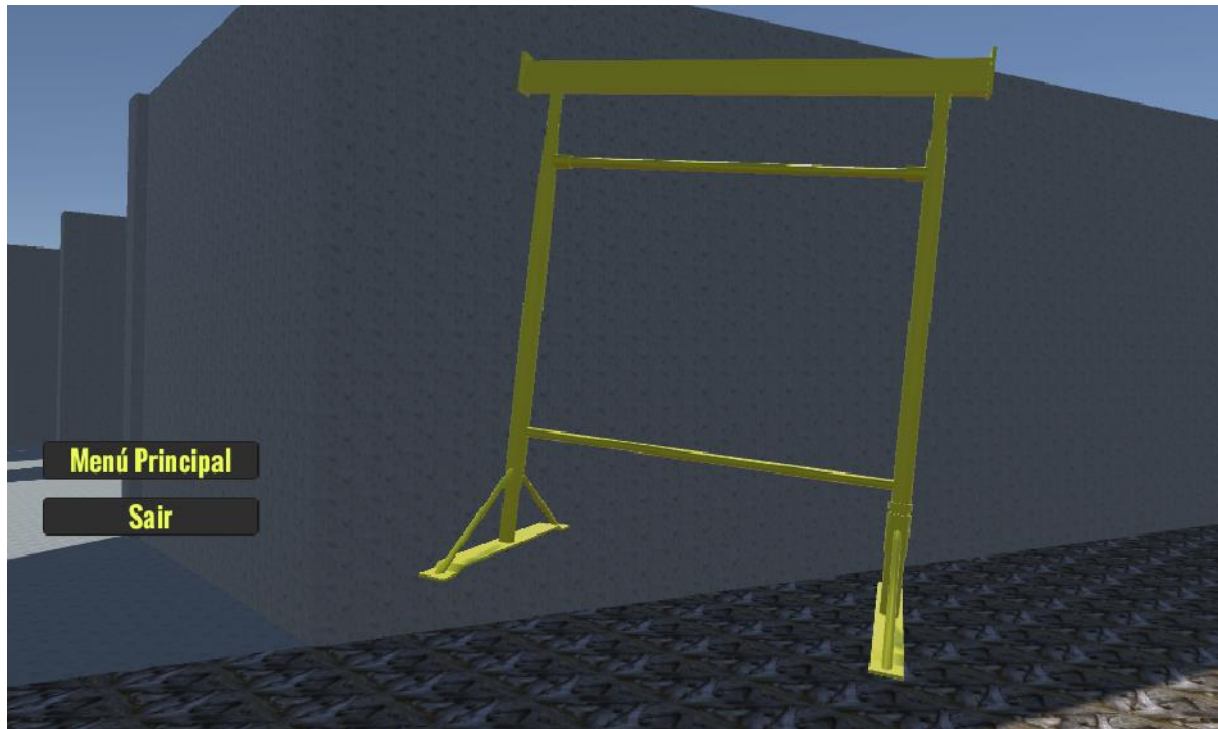


Fig. 16 – Exemplo de funcionamento de script que permite agarrar objetos (Fonte: Autor)

5.4. FUNCIONAMENTO DO JOGO SEGUREX

Foi criado no Unity um interface que fosse de fácil percepção e interação, do qual resultou o seguinte menu principal, representado na fig.17.



Fig. 17 – Menu Principal (Fonte: Autor)

Neste jogo a personagem move-se nas teclas W,A,S e D, para e deslocar para a frente, esquerda, trás e direita, respetivamente. No rato o único botão ativo é o botão esquerdo e é com ele que é possível agarrar os objetos no Unity, chegando perto do objeto que se quer apanhar e mantendo pressionado o botão esquerdo do rato, o objeto é apanhado e mantem-se no ar, até se largar o botão pressionada para largar o objeto, há que referir que por vezes os objetos rodam devido ao contato com outros objetos ou apenas porque se mexeu demasiado rápido o rato e que por sua vez faz despoletar o atrito e o atrito angular,

parâmetros que podem ser regulados aquando da criação do jogo, deve-se proceder a esta correção já que caso contrário os objetos ficam demasiado instáveis na sua rotação angular.

Pressionando o botão Iniciar presente na figura 17 e referente ao menu principal, o processo desenvolvido pelo script faz com que haja uma mudança de cena e passa então o utilizador a obra em análise com representado abaixo.

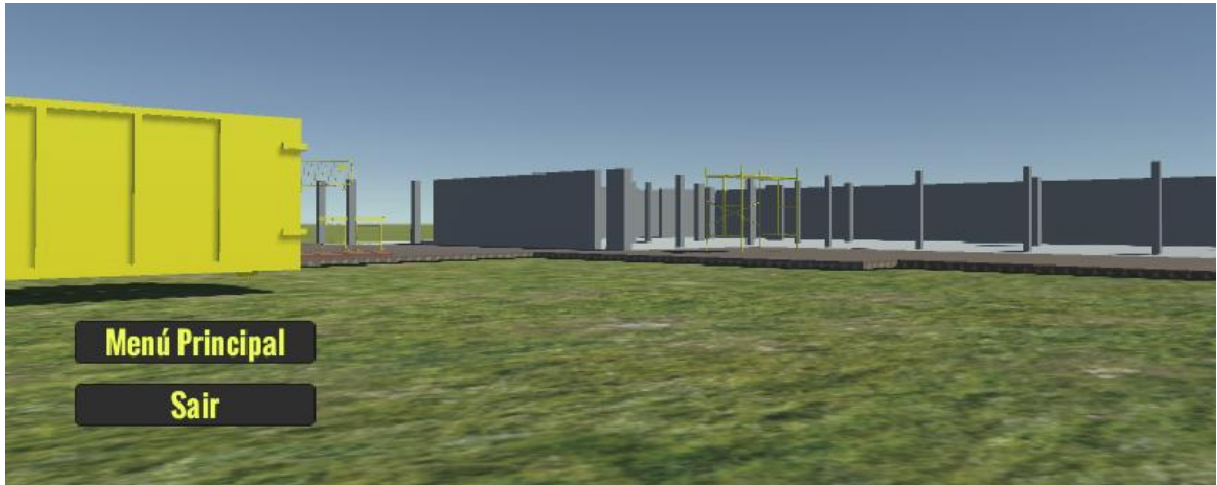


Fig. 18 – Vista do ambiente virtual em primeira pessoa (Fonte: Autor)

Com a presença do utilizador no ambiente pode facilmente proceder-se à movimentação dos objetos presentes no terreno e interação entre diferentes objetos como é exemplificado na próxima figura em que são colocados dois cavaletes paralelamente e colocada uma tábua de maneira no cavalete replicando a criação de uma plataforma de trabalho.

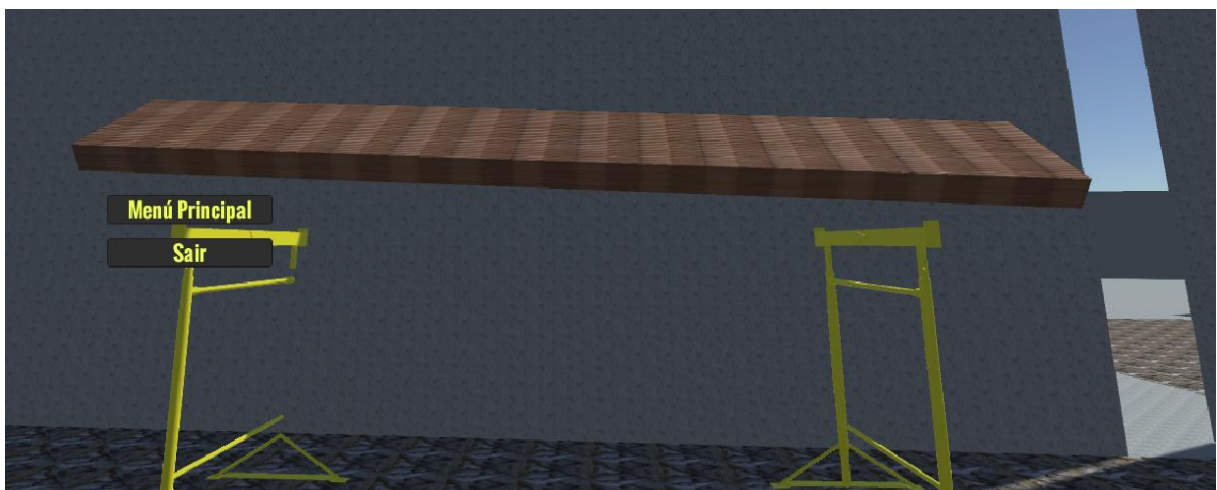


Fig. 19 – Colocação da tábua nos cavaletes (Fonte: Autor)

Esta situação pode dar azo à situação da figura 20 e que servirá posteriormente como base para o desenvolvimento do próximo subcapítulo.

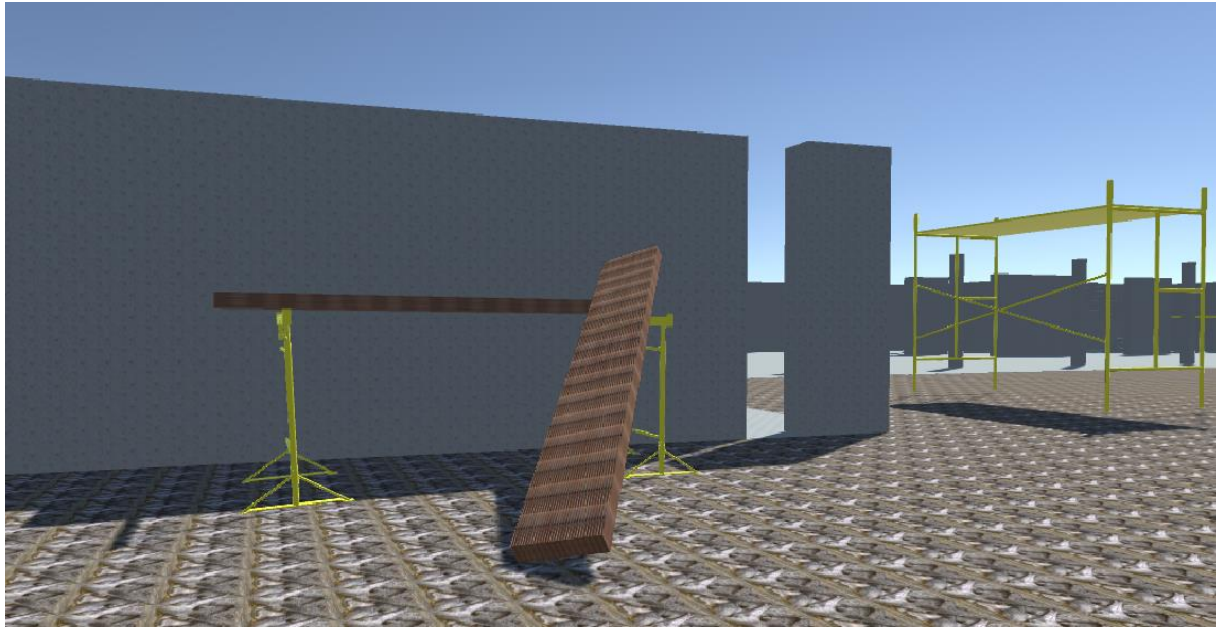


Fig. 20 – Colocação incorreta da segunda tábuas no cavalete (Fonte: Autor)

Com esta situação podem ser criados dois espetros para a mesma situação. A primeira passa por uma nova tentativa na colocação do objeto por forma a que este fique corretamente montado, a segunda passa pela criação de um cenário de teste para o utilizador, ou seja, se o jogo estiver inicialmente com equipamentos de segurança mal colocados ou em falta, de forma propositada, o utilizador será induzido a colocar de maneira correta os equipamentos, recorrendo daí um processo de aprendizagem pela experiência repetida de eventos que podem ser replicados tendo em conta obras reais.

5.5. AVALIAÇÃO/CERTIFICAÇÃO

Enquanto este jogo serve apenas como prova de conceito, um desenvolvimento posterior pode facilmente conferir uma certificação a um formando que faça o teste. O jogo terá naturalmente um tempo limite para a sua concretização, sendo que é inerente à prática da segurança o formando não poder errar na colocação de nenhum equipamento, já que um erro ou falha são sinónimos em ambiente real de acidentes, ou no mínimo na criação de riscos que podem não ser tidos em conta.

Ainda assim um processo de certificação deve ser mais do que colocar informações sobre as atividades a desenvolver no jogo para que o utilizador o solucione. O jogo deve ser programado cuidadosamente e esquematizado para cada fase ou processo, que neste caso seria a avaliação sobre colocação e correção de equipamentos de segurança.

Inicialmente será necessário perceber a quem se destina o jogo, embora não se consiga saber a experiência e conhecimento de um formando antes de começar o jogo e a partir daí criar um ambiente único para cada formando, pode ter-se por base uma ideia geral do grupo e com isso adaptar o que é pedido para ser realizado no jogo, não recorrendo assim no erro de oferecer a um formando aquilo que são de fato as suas expectativas relativamente ao conteúdo programático.

Esta questão infere necessariamente noutra que é a necessidade de fornecer informações concretas e relevantes sobre a formação aos intervenientes sendo por isso aconselhável conhecer as expectativas dos formandos.

Apesar de o programador poder de fato fazer um jogo sem erros, o jogo pode ficar com excesso de informação e ter um efeito prejudicial nos formandos, dando demasiada informação que pode levar a uma sobrecarga cognitiva tendo conseqüentemente o efeito inverso ao esperado e fazendo com que os formandos saiam prejudicados, é por isso essencial saber quais são as informações mais importantes e em torno dessas ideias criar um modelo fiável e que não precisa necessariamente de ser complexo para avaliar ou se tornar um elemento pedagógico para quem o utiliza.

As pessoas interessadas em realizar uma avaliação deste género podem ter objetivos diferentes: seja uma certificação, seja ganhar mais experiência na colocação de equipamentos de segurança ou só conhecer os riscos e ficar sensibilizado para a questão, desta forma, será sempre necessário falar com o cliente antecipadamente por forma a planear o tipo de formação a dar, definir como deve ser avaliado e até como pode ser integrada uma estratégia de motivação durante a formação.

Com a introdução de novas tecnologias na construção, existem cada vez mais novos processos e equipamentos, assim é importante o jogo conseguir ser alterado facilmente, apesar de haver processos tradicionais que se mantêm, as mudanças irão afetar os outros processos e desta forma o processo de formação deve ser constantemente atualizado, para dar resposta às exigências futuras. Deve por isso procurar atender aos padrões do setor da construção civil e fornecer uma melhor experiência de formação, manter a competitividade e dar aos clientes um produto final de qualidade.

5.6. ESCALABILIDADE

O jogo desenvolvido, tem a facilidade de poder seguir diferentes caminhos, nomeadamente três e que serão concretizados de seguida.

Ambiente virtual vazio: gerando apenas um ambiente virtual só com o modelo do edifício e o utilizador tendo acesso a equipamentos de segurança, esta versão pode ser tida como uma versão profissional, ou seja, no contexto empresarial e por um profissional especializado podem ser colocados no ambiente da obra os equipamentos de segurança que são necessários, ser visualizada a obra, verificar processos e impossibilidades de projeto, permite criar um modelo com os equipamentos de segurança que poderão ser associados a um programa de verificação automática ou transformados em modelos que podem ser acedidos com dispositivos móveis desde que tenham uma aplicação para a sua visualização, já que o Unity3D também permite criar aplicações para Android e Ios.

Ambiente virtual com equipamento: retrata essencialmente o método discutido no ponto 5.5.. O ambiente virtual pode ter os equipamentos de segurança, mas não estarem corretamente montados, ou a não servir nenhum propósito parte então da parte do utilizador fazer as correções que acha necessárias no modelo para que se possa proceder à sua avaliação e/ou certificação enquanto formando de segurança na construção.

Ambiente virtual com equipamento e pistas: esta opção permitiria ao utilizador sem conhecimento relacionado com segurança na construção visualizar a colocação do equipamento na sua correta posição e à medida que se aproxima dos diferentes equipamentos de segurança vão aparecendo pistas e informações sobre os equipamentos e riscos que previnem, o utilizador poderia ainda mediante a análise dos elementos construtivos ou de zonas sinalizadas obter a informação dos riscos e com o conhecimento adquirido proceder à colocação dos equipamentos de segurança.

5.7. PASSAGEM PARA O CONTEXTO REAL

Enquanto que a utilização do jogo para a formação, por exemplo num centro de formação parece natural para a criação de valores e conhecimento, há a possibilidade da sua utilização em empresas para a formação do seu próprio pessoal, visualização da obra e colocação de elementos de segurança.

A modelação, desenvolvimento e edição do jogo pressupõem que existe um profissional qualificado que trata da sua manutenção e atualização, está por isso ainda numa fase embrionária de desenvolvimento, no entanto os problemas iniciais podem ser ultrapassados e a grande vantagem comparativamente com outro método de formação ou criação de modelos passa pela capacidade em poder fazer um ficheiro base (template) que tenha a capacidade de armazenar os equipamentos de segurança e automaticamente proceder à transformação, por exemplo de um modelo Revit para formato .fbx podendo assim criar diferentes cenários com diferentes modelos e inclusivamente analisar e a obra que está a decorrer mas em ambiente virtual.

6

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de novas tecnologias que impulsionem a automatização de processos e análise prévia de causas e riscos, cria a oportunidade de empresas e institutos de ensino, apoiarem e desenvolverem métodos de formação e enriquecimento dos trabalhadores e paralelamente, aumentarem o seu próprio valor enquanto empresa com elementos creditados com experiência em diferentes vertentes. Um jogo sério sendo implementado numa empresa dá a oportunidade de criar um ambiente imersivo que pode servir para formação dos métodos habituais da empresa no que toca à segurança e discussão de soluções. O mesmo jogo pode também ser aplicado nas instituições de ensino e proporcionar a estudantes de Engenharia Civil, contato com novos processos e inovações tecnológicas, assim como a aprendizagem dos métodos de segurança a serem aplicados em diferentes casos.

Uma das grandes vantagens de um motor de jogo é a capacidade que tem de proporcionar ao programador ferramentas para a criação de jogos sem necessidade de se embrenhar no funcionamento e animações dos objetos ou personagens e dedicar a atenção por exemplo ao desenvolvimento do processo de avaliação de utilizadores.

Graficamente poder-se-á dizer que o Unity3D não tem uma grande capacidade gráfica inerente sem se proceder a qualquer tipo de transformação, para além de que aquando da transferência do modelo Revit se perde informação, nomeadamente as texturas do modelo. No entanto, um motor de jogo tem uma grande vantagem que é a capacidade que tem de ser uma plataforma com uma variedade de formatos para o qual o jogo pode construído, seja: Windows, Android, Ios, XBOX, entre outros o que permite a mais pessoas poder utilizar o jogo, já que podem não ter acesso a uma plataforma, mas o Unity tem a possibilidade de criar um executável para diferentes plataformas. Isto, acaba também por ser uma mais valia para o programador já que só precisa de fazer um jogo e depois pode facilmente criar o mesmo jogo para diferentes plataformas.

ANEXO A1

ApanharObj.js (Apanha objeto)

```
var apanhar : Transform;

function Update () {

}

function OnMouseDown () {
    GetComponent.<Rigidbody>().useGravity = false;
    this.transform.position = apanhar.position;
    this.transform.parent = GameObject.Find("FPSController").transform;
    this.transform.parent = GameObject.Find("FirstPersonCharacter").transform;
}

function OnMouseUp () {
    this.transform.parent = null;
    GetComponent.<Rigidbody>().useGravity = true;
}
```

Menupausa.cs (Menu Pausa)

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class Menupausa : MonoBehaviour {

    public static bool JogoParado = false;

    public GameObject menupauseUI;

    void Update () {
        if (Input.GetKeyDown (KeyCode.Escape)) {
            if (JogoParado) {
                Continua ();
            } else {
                Para ();
            }
        }
    }

    public void Continua () {
        menupauseUI.SetActive(false);
        Time.timeScale = 1f;
        JogoParado = false;
    }
}
```

```
void Para () {  
    menupauseUI.SetActive(true);  
    Time.timeScale = 0f;  
    JogoParado = true;  
}  
  
public void LoadMenu ()  
{  
    Time.timeScale = 1f;  
    SceneManager.LoadScene (0);  
}  
  
public void Sair ()  
{  
    Application.Quit ();  
}  
}
```

menuprincipal.cs (Menu Principal)

```
using System.Collections;  
using System.Collections.Generic;  
using UnityEngine;  
using UnityEngine.SceneManagement;  
  
public class menuprincipal : MonoBehaviour {  
  
    public void Iniciar () {  
        SceneManager.LoadScene (1);  
    }  
  
    public void Cred () {  
        SceneManager.LoadScene (2);  
    }  
  
    public void Sair () {  
        Application.Quit ();  
    }  
}
```

Voltarmenu.cs (Passa do menu créditos para o menu principal)

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class voltarmenu : MonoBehaviour {

    public void voltar () {
        SceneManager.LoadScene (0);
    }

}
```

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] EU BIM Task Group, *Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector*. www.eubim.eu, 2017.
- [2] <https://www.pordata.pt/Portugal/Acidentes+de+trabalho+mortais+total+e+por+sector+de+actividade+e+economica-1793-116751>. 30/10/2017.
- [3] Soeiro, Alfredo, *Gestão da Informação na Construção: Casos de Aplicação*. 2º Fórum Internacional de Gestão da Construção – GESCON 2011: Sistemas de Informação na Construção, 27 e 28 de Outubro 2011, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Secção de Construções Cíveis, Porto.
- [4] Yang Zou, Arto Kiviniemi e Stephen W. Jones, *A review of risk management through BIM and BIM-related technologies*. Safety Science, agosto 2017, 88-98, Elsevier.
- [5] Norma Portuguesa 4397:2008, *Sistemas de gestão da segurança e saúde do trabalho*, Instituto Português da Qualidade, dezembro 2008.
- [6] C. W. Feng e S. W. Lu, *Using BIM to Automate Scaffolding Planning for Risk Analysis at Construction Sites*. 34º International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Taipei, Taiwan.
- [7] Hassan Malekitabar, Abdollah Ardeshir, Mohammad Hassan Sebt e Rudi Stouffs, *Construction safety risk drivers: A BIM approach*. Safety Science, fevereiro 2016, 445-455, Elsevier.
- [8] Sijie Zhang, Kristiina Sulankivi, Markku Kiviniemi, Ilkka Romo, Charles M. Eastman e Jochen Teizer, *BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning*. Safety Science, fevereiro 2015, 31-45, Elsevier.
- [9] Guo Hongling, Yu Yantao, Zhang Weisheng e Li Yan, *BIM and Safety Rules Based Automated Identification of Unsafe Design Factors in Construction*. Procedia Engineering, 2016, 467-472, Elsevier.
- [10] Sijie Zhang, Jochen Teizer, Jin-Kook Lee, Charles M. Eastman e Manu Venugopal, *Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules*. Automation in Construction, janeiro 2013, 183-195, Elsevier.
- [11] Kyoo-Jin Yi e David Langford, *Scheduling-Based Risk Estimation and Safety Planning for Construction Projects*. Journal of Construction Engineering and Management, Volume 132, junho 2006, ASCE.
- [12] Soeiro, Alfredo e Martins, João Poças, *Aplicações recentes no uso de BIM na segurança na construção*, 1º Congresso Português de Building Information Modelling, 24 e 25 de novembro de 2016, Universidade do Minho Guimarães.
- [13] Valério, Bianca. *Modelo de gestão de prevenção de acidentes para a fase de conceção*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [14] Fernandes, Juliana, Couto, J. Pedro e Tender, Manuel, *Utilização do BIM na gestão da segurança do estaleiro da construção do túnel do Marão*, 1º Congresso Português de Building Information Modelling, 24 e 25 de novembro de 2016, Universidade do Minho Guimarães.
- [15] Matos, José. *Implementação do BIM numa grande construtora Francesa*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.

- [16] Kyungki Kim, Yong Cho e Sijie Zhang, *Integrating work sequences and temporary structures into safety planning: Automated scaffolding-related safety hazard identification and prevention in BIM*, Automation in Construction, outubro 2016, 128-142, Elsevier.
- [17] C. Eastman, Jae-min Lee, Yeon-suk Jeong e Jin-kook Lee, *Automatic rule-based checking of building designs*, Automation in Construction, dezembro 2009, 1011-1033, Elsevier.
- [18] Martins, João Poças e Monteiro, André, *LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems*, Automation in Construction, janeiro 2013, 12-23, Elsevier.
- [19] Hongling Guo, Heng Li, Greg Chan e Martin Skitmore, *Using game technologies to improve the safety of construction plant operations*, Accident Analysis & Prevention, setembro 2012, 204-213, Elsevier.
- [20] www.napofilm.net/. 15/11/2017.
- [21] Soeiro, Alfredo. *Segurança na Construção*, eBook – FEUPedições, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2005.
- [22] Freitas, Sara I. de, *Using games and simulations for supporting learning*, Learning, Media and Technology, janeiro 2007, 343-358, Taylor & Francis.
- [23] Brian Mac Namee, Pauline Rooney, Patrick Lindstrom, Andrew Ritchie, Frances Boylan e Greg Burke, *Serious Gordon: Using Serious Games to Teach Food Safety in the Kitchen*, 9th. International Conference on Computer Games: AI, Animation, Mobile, Educational and Serious Games, 22 a 24 de Novembro de 2006, Dublin.
- [24] Bouchard S, Côté S, St-Jacques J, Robillard G e Renaud P., *Effectiveness of virtual reality exposure in the treatment of arachnophobia using 3D games*, Technology and Health Care, vol. 14, no. 1, pp. 19-27, 2006.
- [25] Diping Yuan, Xuesheng Jin, Jin Zhang e Dong Han, *Applying Open Source Game Engine for Building Visual Simulation Training System of Fire Fighting*, AsianSim 2007, Communications in Computer and Information Science, vol 5. Springer, 2007, Berlin.
- [26] Schlickum MK, Hedman L, Enochsson L, Kjellin A e Felländer-Tsai L., *Systematic video game training in surgical novices improves performance in virtual reality endoscopic surgical simulators: a prospective randomized study*. World J Surg, 2009, Springer-Verlag.
- [27] Rafael Sacks, Amotz Perlman e Ronen Barak, *Construction safety training using immersive virtual reality*, Construction Management and Economics, setembro 2013, 1005-1017, Taylor & Francis.
- [28] Dong Zhao e Jason Lucas, *Virtual reality simulation for construction safety promotion*, International Journal of Injury Control and Safety Promotion, janeiro 2014, 57-67, Taylor & Francis.
- [29] Rousselet, Edison da Silva e Falcão, César. *Manual Técnico de Segurança do Trabalho em Edificações Prediais*, Editora Interciência, 1999
- [30] Rodrigues, Rita. *Previsão da Probabilidade de Acidentes Não Fatais na Construção*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.